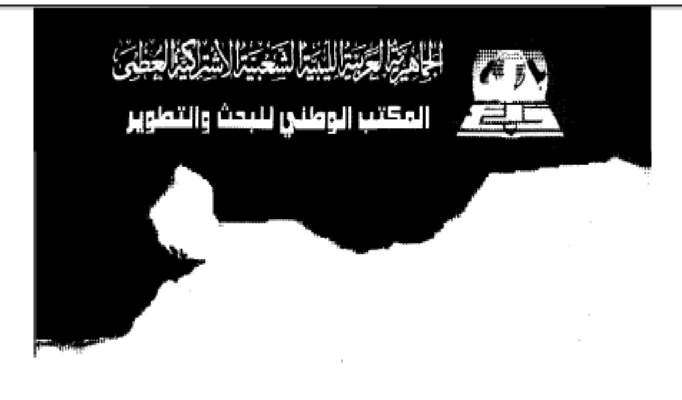


إشكاليات فلسفية في العلم الطبيعي

تحرير: ددلي شابير
ترجمة: نجيب الحصادي



إشكاليات فلسفية في العلم الطبيعي

Philosophical Problems of Natural Science

Dudley Shapere

Sources in Philosophy, A Macmillan Series,
The Macmillan Company, London, 1965.

تحرير: ددلي شابير

ترجمة: نجيب الحصادي

تحرير ترجمة: محمد عمران أبو ميس

المحتويات

تقديم المترجم

تثير الطبيعة إشكاليات يفترض أن يمكّن نهجُ العلم الطبيعي من حسم أمرها، بل إن إحراز هذا النشاط لأي قدر من التطور إنما يرتهن باقتداره على إنجاز هذه المهمة. في المقابل، يثير العلم الطبيعي إشكاليات يعجز بمقتضى امبيريقية نهجه عن حسم أمرها، ليس أقلها إشكالية تبرير زعمه المعرفي بالتمكين من تحقيق تطور مستمر نحو الدراية بنواميس قادرة على تفسير ما يقوم برصده من ظواهر. وفق هذه الصياغة، تستبان مباشرة علاقة التآثر القائمة بين العلم الطبيعي وفلسفته. لو لم تكن هناك إشكاليات يعجز نهج العلم الطبيعي عن حسمها، على تعلقها باقتدار نهجه على التبليغ إلى ما يستهدف من غايات، لما كانت هناك حاجة لفلسفة تعنى بهذا الضرب من الأنشطة البشرية، ما يعني أن قيامها رهن بعجزه؛ ولو لم تكن هناك فلسفة للعلم الطبيعي تعنى بتقويم قدرات نهج العلم الطبيعي المعرفية، لما أفاد القائمون عليه من الرؤى الفلسفية التي أسهمت في تحديد معالمه وتسويغ أصوله، ما يعني أن شرعيته رهن بقيامها.

لم يعد التوكيد على أهمية العلم الطبيعي، وقد انبلج فجر الالفية الثالثة، في عوز إلى فضل بيان. الواقع أن خطر هذا النشاط قد استبين منذ أزمان أقدم عهدا، وإن لم يُرتأى فيه سبيلا أوحد للخلاص مما تلقاه البشرية من عنت إلا في مطلع القرن العشرين. آنذاك طفق أعضاء حلقة فينا يوظفون تقنيات المنطق الرمزي في البرهنة على قدرات العلم وفي تحليل طبائع نهجه، في حين اكتشفوا أن تعديلا طفيفا في حيثيات الموروث الامبيريقي يكفي لجعله تكأة تخلصهم مرة وإلى الأبد من مختلف الخطابات اللاعلمية، بدءا من الخطاب الغيبي بضربيه الديني والميتافيزيقي، وانتهاء بالخطاب القيمي بنوعيه الأخلاقي والاستاطيقي. هكذا أضحى احتياز القضية على معنى، عوضا عن احتيازها على قيم صدق، وقفا على إمكان التحقق امبيريقيا من مطابقتها للخبرات الحسية التي تشير إليها. ولأن العلم الطبيعي هو النشاط الوحيد الذي يعنى، بطريقة منهجية منظمة، بأمر التحقق من مطابقة أحكامه لمثل تلك الخبرات، فإنه يمثل أعلى مراتب العقلانية ولا سبيل دونه أو بعده للدراية بعالم الخبرة، العالم الوحيد الذي يكتسب الحديث عنه أية شرعية.

هكـــذا أقـــر مورتـــس شلك، ومن بعده ردولف كارناب وكارل همبل، أن الخطاب اللاعلمي ليس جملة من الأحكام يعجز البشر بمقتضى قصور قدراتهم عن الدراية بصدقها، بل تعاليم ليس ثمة سبيل أصلا لفهمها، ما يعني أن الخوض في أمرها سلوك عبثي لا طائل من ورائه.

بـــيد أن الإمعـــان فـــي تبجيل النشاط العلمي، بطرحه مخلصـــا أوحـــد، إنما يتطلب تشكيل تصورات لا تعوزها الدقة تعـــنى بتحديد سبله في التحقق من أحكامه وتبيان المقاصد التي يبتغـــي التبليغ إليها، بطريقة تمكن من الدفاع عن شرعيته ضد شكوك المرتابين. فضلا عن ذلك، ثمة حاجة إلى تحليل مختلف العملـــيات الابستمولوجية التي تنطوي عليها ممارسة العلم، من قبـــيل طـــرح الفروض واختبارها وتعديل النظريات حال توفر حـــالات مـــناوئة والمقارنة بين مختلف الفروض المعنية بذات الطائفـــة من الظواهر، وذلك بغية توضيح الأدوار التي تقوم بها في مقاربة فهم العالم من جهة، وتبرير اقتدار ما يقدر منها على تبلـــيغ مقاصد العلم وتفسير علة عجز ما يخفق منها من أخرى. هكذا شرع أشياع الامبيريقية المنطقية (النزعة التي تشكلت منذ

مطلع الثلث الثاني من القرن الفائت استجابة لصعوبات واجهت حلقـــة فينا الأكثر تشددا) في التعامل مع التفاصيل، عوضا عن الاقتصــــار علـــى إطـــلاق أحكام عامة تشيد بالعلم وتعظ بتبني نهجـــه. الجـــزء الأول من هذا الكتاب يعرض خصوصا لبعض هـــذه التفاصيل، فهو يعنى بطرح إشكاليات فلسفية يثيرها العلم الطبيعـــي ويبيـــن علـــى وجه الضبط طريقة أولئك الأشياع في تـــناولها، كما يقوم بتوضيح معايير الحلول التي يرتضونها لهذا القبـــيل من الإشكاليات. وكما تبين المختارات التي يشتمل عليها هـــذا الجزء، ثمة استعداد مسبق ومستمر لتعديل وجهات النظر، طالمـــا لم يطل التعديل أصول تلك النزعة، ما يفسر الكم الهائل من الأدبيات الفلسفية التي أسفر عنها هذا المشروع.

بـــودي أن أؤكـــد قليلا على أمر التفاصيل. لقد تعرف الفكـــر العربـــي علـــى الـــنزعة الوضعية منذ منتصف القرن العشـــرين، ووجد فيها بعض المتفكرين سبيلا ملائمة لتكريس أهمـــية النشـــاط العلمي نسبة إلى مجتمع ما فتئ يتجرع مرارة الـــتخلف وتعصف بداره صراعات لم يكن ثمة سبيل لدفعها. بيد أن أولئك المتفكرين لم يعنوا كثيرا بالتفاصيل، بل لعل أكثرهم لم

يعن بها إطلاقا، بل اكتفى بالوعظ الذي يستشهد بما آل إليه العلم من نتائج تقنية، غاضا الطرف كلية عن توضيح الآلية التي مكنت أصلا من امتلاك بعض الأمم ناصية الحضارة عبر تبني نهج العلم سبيلا في حل الكثير من إشكالياتها. آية ذلك أنك لا تكاد تجد كتابا عربيا يفصّل في مفاهيم العلم، من قبيل مفهوم التدليل والقانون الطبيعي والخصائص النزوعية والتنبؤ بنوعيه البعدي والقبلي والتفسير بضربيه الناموسي والإحصائي، أو يعنى بقضايا تخصصية من قبيل بنية النظرية العلمية، ومدى تضمن الممارسات العلمية الواجب القيام بها لأحكام قيمية، وأدهوكية التعديلات الفرضية، والعلاقة بين الحدود الملاحظية والحدود النظرية، بطريقة تبين على وجه الضبط كيف يوظف المنطق الرمزي في تحليل تلك المفاهيم وفي عرض وحسم أمر تلك المسائل، وكيف يتم نقد التصورات المطروحة ويحاول أربابها الدفاع عنها.

أقول هذا وأنا أعلم أن عهد الامبيريقية قد أزف ترحله. ثمة فلسفة جديدة للعلم* بدأت تتشكل منذ مطلع الثلث الثاني من القـرن الفائت، ما لبثت أن قدرت لها السطوة في نهايته. الواقع أن الجـزء الثانـي مـن هذا الكتاب إنما يتضمن مختارات من أعمال أسهمت في التبشير بهذه الفلسفة الجديدة. بيد أنه لا سبيل لفهـم هذا المنظور الجديد وللاقتدار على تقويم تعاليمه إلا عقب التعرف على النزعة التي رام تقويضها واستهدف أن يحل بديلا عـنها. هـذا على وجه الضبط هو الدافع الأساسي الذي جعلني أعنى بترجمة هذا الكتاب، رغم مرور ما يقرب من ثلاثة عقود ونصف على صدوره.

لا عـناء في الرهان على أن العلم معلمة قارة من معالم حضـارة هـذا العصـر، بيد أن توظيفه في تحقيق أية مقاصد، واتخاذنا منه موقفا مذهبيا يشكل مرجعية للبت في أمر العديد من المسائل، لا يتطلب فحسب الدراية بأحدث ما آلت إليه نظرياته،

---

* قمت بترجمة كتاب يعنى بطرح أصول هذه الفلسفة تحت عنوان "الإدراك، النظرية والالتزام" (قيد الطبع، جامعة درنة) وآخر يشتمل على جدل بين تومس كون، أبرز أشياع تلك الفلسفة، وكارل بوبر، ستيفن تولمن، وامر لاكاتوش، فضلا عن آخرين، تحت عنوان "النقد ونمو المعرفة" (قيد الطبع، جامعة درنة).

والإفادة مما أسفرت عنه عمليات توظيف التقنية لها. ثمة حد للدرايـــة بكنه العلم، وبالآلية التي يعمل بمقتضاها، بالافتراضات التـــي يصادر عليها دون برهنة، بمدى شرعية سبله في تحقيق مقاصده، من وجهة نظر ابستمولوجية وأخلاقية على حد السواء، فضـــلا عن علاقته بسائر الأنشطة البشرية التي تحظى بتبجيلنا. ذاك وحده قمين بجعلنا نفكر على طريقة ممارسي العلم، ونسهم فـــي تشـــكيل مســـار تطوره، ونقتدر على تبرير لهجنا بتوكيد ضـــرورته، عوضـــا عن اتخاذ موقف سلبي يقتصر في أفضل الأحوال على إعجاب لا ينقضي بأحدث ما خلص إليه العلم من اكتشافات وآخر ما طرأ على صنيعته التقنية من تطورات .

تقديم المحرر

1.فلسفة العلم في القرن العشرين

تـــم التوليف بين لفظتي "فلسفة" و"علم"، في تعبيرات من قبيل "الفلسفة العلمية" أو "فلسفة العلم"، بغية وصف أنواع متنوعة وعديـــدة مـــن البحـــث. هكذا ارتبطت الفلسفة بالعلم عند بعض

المتفكريــن فـــي محاولة لاستخلاص مترتبات" (أو تطبيقات) الحقيقة العلمية أو النهج العلمي نسبة إلى بعض مجالات النشط البشـــري المغايرة، كالأخلاق والسياسة والدين، أو نسبة إلى كل مجـــالات البحث. في المقابل، شعر بعض آخر، بعد أن جادلوا (أو افترضـــوا) أن ضـــمان العلم لجدارة مناهجه بالثقة، أو كفله تحقيق غاياته، إنما يتطلب المصادرة على افتراضات لا علمية، وأن مهمتهم إنما تكمن في اكتشاف مثل تلك "الأسس" التي يركن إليها العلم والقيام بفحصها من وجهة نظر نقدية.

بيد أن التيار الأساسي من الأعمال الذي يوصف في هذا القرن بأنه "فلسفة العلم" قام لأسباب وجيهة بالتخلي عن مثل تلك المهـــام أو بتأجيلها على أقل تقدير. بيد أن هذا التخلي لا يعزى إلى أن الذين أقحموا أنفسهم في نوع المشاريع التي سلف التلميح إليها قد أساءوا فهم **حقائق العلم** (رغم أنهم غالبا ما أخطأوا في هكـــذا خصوص)، بقدر ما يعزى إلى إخفاقهم إلى حد كبير في فهـــم ماهـــية العلم - كونهم **قد بدأوا بأفكار** تعوزها الدقة، أو لم يُحسن تحديدها، عن العلم وعما يقوم به (كالفكرة القائلة بأن العلم يقـــوم بمعـــنى ما "بتشكيل النظريات" وفق "شواهد" بغية طرح

تفسير" "للحقائق")، وهي تأويلات يثبت الفحص الدقيق، حتى حال دعمها بالحجج، أنها ليست دقيقة، مشوشة، مضللة، أو لا تلائم روح العلم. وبطبيعة الحال، قبل أن نقر على سبيل المثال وجوب تطبيق "المنهج العلمي" على المسائل السياسية أو الأخلاقية، أواستحالة تحقيق العلم أهدافه إلا عبر مصادرته على افتراضات "ميتافيزيقية" بعينها لا سبيل لتسويغها، يتعين علينا أن نوضح لأنفسنا قدر الإمكان معنى ما نقوم بإقراره.ويتوجب علينا أن نفهم ما وسعتنا السبل دلالات الألفاظ التي نقوم باستخدامها، في الخطاب الفلسفي والخطاب العلمي على حد السواء (عنيت ألفاظا من قبيل "نظرية"، "شاهد" "تفسير" و"حقيقة")، إبان محاولتنا تحديد أهداف العلم ومناهجه وبنيته؛ أيضا يتعين أن نكون واضحين قدر الإمكان بخصوص السبل التي تتعلق وفقها الشواهد والنظرية، وعناصر أخرى في العلم، بعضها ببعضها الآخر.

يشكل مثل هذا الضرب من الإشكاليات، إشكاليات معاني الألفاظ والعلاقات القائمة بين عناصر العلم، الشاغل الأساسي الذي احتاز على اهتمام فلاسفة القرن العشرين. وبالطبع، ثمة

اختلافات بيّنة بخصوص سبل مقاربتهم تلك الإشكاليات وتناولها، رغم أنهم ينحون صوب الاتفاق على وجهات نظر بعينها بخصوص معايير التناول الجيد.إن الهدف من هذه المجموعة من الدراسات، التي نقدم لها في هذا المقام، هو التمكين من فهم بعض من تلك النزوعات المشتركة، وذلك بتوضيح الملامح التالية التي تتسم بها فلسفة العلم في هذا القرن: (1) بعض السبل الخاصة التي نزع فلاسفة العلم نحو صياغة إشكالياتهم عبرها، أي نوع الصياغات التي اعتبروها دقيقة إلى حد يمكن من إجراء أبحاث مهمة؛ (2) نوع الأساليب التي استخدموها في محاولة تناول تلك الإشكاليات؛ و(3) نوع الأجوبة التي كانوا يميلون إلى طرحها. وبطبيعة الحال، غالبا ما كانت تلك الأجوبة تتعرض للنقد، ما أدى بدوره إلي تطور الرؤى المنتقَدة. إبان عملية التطور تلك، تمت الاسترابة حتى في مفاهيم الإشكاليات المركزية وأساليب تناولها، وهي مفاهيم تبوأت مركز الصدارة في العقود الثلاثة أو الأربعة الأخيرة، بحيث تمت الاستعاضة عنها بمفاهيم جديدة.

سوف تستبان كل هذه المسائل، فيما آمل، في الدراسات المختارة التالية. ولكي نعين القارئ على تأويل هذه المختارات والربط بينها، سوف نعرض نقاشا مرجعيا يبدأ بإحدى المشاكل الحاسمة في فلسفة العلم المعاصرة، ما يسمى "بإشكالية معنى الحدود النظرية". التطور الذي طرأ على حلول هذه المسألة والمسائل المتعلقة يوضح تماما نوع المناهج التي تبناها فلاسفة العلم في هذا القرن في صياغة إشكالياتهم وتناولها.

2.إشكالية الحدود النظرية

يتوجب ألا نفترض جهل الفلاسفة الأقدمين التام بإشكاليات فلسفة العلم في القرن العشرين. هكذا على سبيل المثال تجد إشكالية معنى الحدود النظرية، التي نعنى بها في هذا المقام، أصولها في أعمال ديفيد هيوم (1711_1776).ففي الصفحات التي يستهل بها كتابه "**أطروحة في الطبيعة البشرية**" (Treatise of Human Nature)، يميز هيوم بين "الأفكار" و"الانطباعات" مُقرا، على نحو مبتسر كما سوف نلحظ، أنه "لا حاجة ملحّة تستوجب توضيح هذا التمييز". إنه يقسم كلا من هاتين الفئتين إلى "بسيط" و"مركب": "الإدراكات أو الانطباعات

البسيطة والأفكار البسيطة التي لا تقبل التمييز أو العزل، وتقابلها الإدراكات والأفكار المركبة التي يمكن التمييز بين أجزائها. رغم أن ثمة لونا ومذاقا ورائحة بعينها تشكل خصائص ترتبط مجتمعة في هذه التفاحة، يسهل إدراك أنها خصائص متغايرة، بحيث يمكن تمييز واحدتها عن سائرها." وبعد أن يعقد هيوم هذين الزوجين من التمييزات، يجادل بأن كل الأفكار البسيطة مشتقة بداية من انطباعات بسيطة تناظرها وتمثلها على نحو دقيق، بمعنى أنه يتعين أن تشكل الانطباعات (الخبرة) في نهاية المطاف مأتى كل أفكارنا، إما بشكل مباشر (كما في حال الأفكار البسيطة) أو غير مباشر (كما في حال الأفكار المركبة). على ذلك، ليس بالمقدور تشكيل فكرة، مهما كانت وهمية أو خيالية، لا سبيل لاقتفاء أثرها في الخبرة. وفي سياق عرضه محاجة تدعم هذا الزعم، يلحظ هيوم أنه "أنى ما تصادف أن حيل دون ممارسة القدرات، المثيرة للانطباعات، لعملياتها، كما يحدث حين يولد المرء أعمى أو أصم، لا تغيب الانطباعات فحسب، بل تفتقد أيضا الأفكار التي تناظرها، بحيث لا يستبان في العقل أي من آثارها".

ثمة اتفاق عام على أن هيوم أقحم في محاجته، الخاصة بأصول أفكارنا، اعتبارات سيكولوجية لا تتعلق بها، وأن موضع أهمية نقاشه إنما يكمن في الرؤية التي تقر وجوب أن يكون في المستطاع أن نعرّف على نحو تام كل الحدود التي تحتاز على معنى، عبر فئة من الحدود الأولية التي تشير إلى عناصر خبراتية بسيطة، ما يسميه فلاسفة القرن العشرين عادة "بالمعطيات الحسية". وفق هذا التعديل، يمكن الحكم بأن محاولة هيوم تأصيل الاحتياز على معنى في الخبرة قد استشرفت بعض الحلول المعاصرة لمسألة أصبحت تعرف، في الصياغة الخاصة التي تتخذها في فلسفة العلم، بإشكالية معنى الحدود النظرية.

تثار هذه الإشكالية في فلسفة العلم على النحو التالي. ثمة حدود ترد في النظريات العلمية يبدو أنها تشير إلى نوع من الكينونات أو العمليات أو السلوكيات التي لا يمكن ملاحظتها بشكل مباشر. الأمثلة الكلاسيكية على هذه الحدود هي "القوة"، "المجال"، "الذرة"، "المورثة"، "اللاوعي"، و"الدافع". وعادة ما تصنف الحدود التي تكون من قبيل "مغناطيسي"، "قابل للذوبان"، "مرن"، "فصامي"، و"ذكي" بوصفها غير قابلة للملاحظة، لأنها

تشـــير فـــيما يبدو إلى "ميول" أو "قدرات" أو "نزوعات" تحتاز علـــيها الكيـــنونات المعنية، عوضا عن أن تشير إلى سلوكيات تتجســـد بشـــكل علنــي. هكـــذا يشـــار إلـــى كل هذه الحدود اللاملاحظـــية، بطـــريقة أكثر إيجابية، بعبارة "الحدود النظرية". ثمة موروث فلسفي طويل العهد يرتاب في الكينونات التي يُزعم قـــيام تلك الحدود بالإشارة إليها؛ ذلك أنه يفترض أن العلم معني فحســـب بمـــا يمكن ملاحظته، لا بأية كينونات "ميتافيزيقية" قد توجـــد أو لا توجـــد خلـــف نطـــاق المشهد الخبراتي ولا يمكن ملاحظـــتها بـــأي حال. فضلا عن ذلك، وكما يوضح هيوم، لا ســـبيل لأن تحتاز مثل هذه الحدود على معنى يتجاوز ما يمكن التعبير عنه بحدود خبراتية. من هنا أقر عدد كبير من الفلاسفة الذين أقنعتهم هذه المحاجة أن مثل هذه الحدود، خلافا لما يبدو، لا تشـــير حقيقة إلى كينونات غير ملاحظة، بل قابلة لأن تعرّف كلـــية عـــبر حـــدود خبراتية. وعلى هذا فكل ما يمكن أن يقال عـــبرها يمكـــن أن يقال بذات الدقة دون استخدامها؛ إنها حدود يمكـــن الاستغناء عنها، ما يعني وجوب أن تقوم بوظيفة عملية صـــرفة فـــي العلم، وظيفة من قبيل الاختزال الملائم لما يطول

ويستعقد التعبير عنه بلغة ملاحظية خالصة. يسمى برتراند رسل الكينونات النظرية "المكونات المنطقية"، ومشروعه في فلسفة العلم إنما يتعين في تبيان أن الحدود النظرية لا ترمز إلى كينونات أو قدرات تتجاوز الخبرة، ولا تعدو أن تكون مفاهيم مشكّلة، عبر أدوات المنطق الرمزي، من عناصر خبراتية محضة ("المعطيات الحسية"). وكما يوصي رسل، "أنى ما أمكن، يتوجب علينا أن نستعيض بالمكونات المنطقية عن الكينونات المشتقة"[1].

هذه رؤية غاية في الفتنة، فهي تبدد كثيرا من الغموض الذي يكتنف العلاقة بن "النظرية" و"الحقيقة" في العلم. ذلك أن النظريات تعد وفق هذا التأويل مجرد تلخيصات مختزلة لجمل تشير فحسب إلى ملاحظات فعلية أو ممكنة ("فعلية" أو "ممكنة" على حد السواء، لأن الحوادث المشار إليها قد لا تكون واقعية في الزمن الراهن، فقد يتم التنبؤ بها، بل إن التنبؤ قد يكون غير صحيح؛ مثل هذه الحوادث ليست ملاحظة، رغم أنها قابلة للملاحظة).

---

[1] B. Russell, "The Relation of Sense_Data to Physics" in *Mysticism and Logic* (London: George Allen & Unwin Ltd. 1951), p.155.

يمكن صياغة هذه الاعتبارات في مبدأ عام، لكنه دقيق. ينهض عليه نقاشنا التالي. دعونا نفترض أنه بالمقدور تصنيف مفردات النظرية العلمية إلى فئتين منفصلتين تماما: (1) فئة تتكون من حدود ملاحظية، (2) وأخرى تتكون من سائر حدود النظرية ـ سوف نسمي عناصر هذه الفئة الأخيرة الحدود "غير الملاحظية" أو الحدود "النظرية" (وفي وقت لاحق، سوف نشكك في إمكان عقد تمييز حاسم بين تينك الفئتين). يمكن إيجاز وجهة النظر التي سلف نقاشها على النحو التالي:

المبدأ الأول: بالمقدور، نسبة إلى كل تعبير ينتمي إلى المفردات النظرية أو اللا ملاحظية النظرية العلمية، أن يستعاض عنه، دون كسب أو خسارة في المعنى. بفئة من الحدود المنتمية فحسب إلى المفردات الملاحظية (بل إن احتياز التعبير النظري على معنى إنما يرتهن بإمكان القيام بمثل هذه الاستعاضة).

لاحظ، وفق هذه الصياغة للمبدأ الأول، أنه لا يقول شيئا عن خصائص الحدود الواردة في المفردات الملاحظية. تشير تلك الحدود، وفق رؤية أنصار هيوم في مطلع القرن العشرين، إلى معطيات حسية، ولكن بسبب الصعوبات الكأداء التي يواجهها مفهوم المعطيات الحسية، يتخلى ذلك المبدأ عن الحديث عنها

بحيث يتسق مع مذاهب مختلفة في الألفاظ التي يتوجب اعتبارها "ملاحظية". لقد اتضح، فضلا عن مآخذ أخرى، أن تحديد معيار كون الحد حدا معطى_حسيا، وضرب أمثلة على مثل هذه الحدود، أمران غاية في الصعوبة، ولذا فإن الرؤية المعطى_حسية لم ترق إلا لعدد قليل من الفلاسفة في العقدين أو ثلاثة العقود الأخيرة. ثمة رؤية أكثر شيوعا بخصوص طبيعة المفردات الملاحظية، وباختيار إحداها والتفصيل في أمرها، سوف تتضح بعض الاعتراضات التي وجهت بوجه عام ضد مختلف صياغات المبدأ الأول.

3- النزعة الإجرائية بوصفها صياغة للمبدأ الأول

الرؤية التي سوف نناقشها هي النزعة الإجرائية، التي طرحها أول من طرحها ب.دبليو. بردجمان في كتابه "منطق الفيزياء الحديثة" (The Logic of Modern Physics, 1927). يتساءل بردجمان عما نعنيه بطول الجسم، ولا يلبث أن يقر أنه "بيّن أننا نعرف ما نعنيه بالطول إذا كان بمقدورنا تحديد طول أي وكل جسم؛ لا شيء أكثر من هذا يُطلب من عالم الفيزياء. ولإيجاد طول الجسم، يتوجب علينا القيام بعمليات مادية بعينها. هكذا يتم

تثبيــت مفهوم الطول بتثبيت الإجراءات التي يقاس بها **الطول**، أي أن مفهــوم الطول يشتمل على مجموعة العمليات التي يحدد عبرها الطول، ولا يشتمل على شيء آخر سواها. وبوجه عام، لا نعنـــي بالمفهوم أكثر من مجموعة من الإجراءات، **فالمفهوم يــترادف مـــع فئة الإجراءات المناظرة**. إذا كان المفهوم ماديا، مثل الطول، تكون الإجراءات مادية فعلية...وإذا كان ذهنيا، مثال المتصـــلة الرياضية، تكون الإجراءات ذهنية، عنيت الإجراءات التـــي نحـــدد عبرها ما إذا كان جمع من المقادير يعد متصلا"[2].

علـــى هـــذا النحو، تقر صياغة بردجمان للمبدأ الأول أنه **يتعين علـــى كـــل حد علمي يحتاز على معنى إما أن يكون قابلا لأن يعرف كلية عبر فئة من الإجراءات الممكنة المحددة والمتميزة، أو أن يكون نفسه حدا يشير إلى مثل هذه الإجراءات.**

ثمـــة صـــعوبات حاســـمة تواجه هذه الرؤية. بداية، ما المقصود بالإجراء؟ سوف نفكر لأول وهلة في مداولة الأجهزة؛ لكـــن هـــذا، كمـــا يشير النص المقتبس من بردجمان، لا يكفي لتفسير احتياز كل المفاهيم العلمية على معنى، الأمر الذي أرغم

[2] P.W. Bridgman, *The Logic of Modern Physics* (N.Y., The Macmillan Co., 1946), p.5.

الإجرائيين على قبول عدد متنوع من الإجراءات التي لا تركن إلى أية أجهزة. ولكن يلحظ همبل بخصوص مثل هذه الإجراءات الأخيرة، "في أدبيات النزعة الإجرائية، تم تحديد خصائص هذه الإجراءات الرمزية بطريقة بلغت حدا من الغموض جعلها تسمح عمليا، عبر اختيار مناسب للإجراءات "اللفظية" أو "الذهنية"، بطرح كل الأفكار التي تعيّن على التحليل الإجرائي حظرها بوصفها خلوا من المعنى"[3].

من منحى آخر، حتى لو تسنى لنا توضيح مفهوم الإجراء، لنا أن نتساءل عن المقصود بالإجراء "الممكن"، في مقابل الإجراء "المستحيل"؟ ثمة ثلاثة تأويلات تطرح نفسها: (1) الإجراء المقترح قد يكون **ممكنا تقنيا**، بمعنى أنه ممكن وفق النظرية الراهنة، دون أن تكون هناك سبل معروفة لتنفيذه. غير أنه من البين أن هذا التأويل لا يتسق مع ما يريد أشياع النزعة الإجرائية إقراره؛ إننا لا نرغب في القول إن التعبير "التقاط صور فوتوغرافية للوجه الآخر من القمر" لم يحصل على معنى إلى أن تم حل الإشكالية التقنية المتعلقة بإرسال مركبة فضائية

---

[3] C.G. Hempel, "A Logical Appraisal of Operationism', In P. Frank (ed.). *The Validation of Scientific Theories* (Boston: The Beacon Press, 1956), p.57.

تحمـــل آلة تصوير إلى القمر. (2) قد يكون المعنى المتعلق **إذن** هــو الإمكان أو الاستحالة **الـــنظرية**؛ إمكان أو استحالة **الإجراء** وقف على ما إذا كانت النظرية العلمية الراهنة تسمح به (بشكل مســـتقل عـــن "الإشكالية التقنية البحتة" المتعلقة بإمكان تنفيذه). هكذا يعد السفر إلى النجوم البعيدة (حتى الآن) أمرا غير ممكن تقنـــيا، رغم أن إمكانه ليس مستبعدا من منظور قوانين الفيزياء المعروفة لدينا في الوقت الراهن، ما يعني أن السفر عبر النجوم "ممكـــن نظريا". ولكن إذا كان هذا المعنى من لفظة "ممكن" هو المـــراد في سياق **النزعة الإجرائية**، سوف يُحدّ كثيرا من قدرة العلـــم علـــى التطور **وفق المعايير الإجرائية؛ ذلك** أن التأملات المفصــــح عـــنها عبر "إجراءات" لا تسمح بها النظرية الراهنة سوف تكون محظورة لا بوصفها **باطلة**، بل بوصفها هراء. ولا ريـــب أن قطاعـــا كبـــيرا من **التطور العلمي** قد تعين في طرح مفاهـــيم جديدة لم تكن تحتاز على معنى وفق النظريات الأسبق عهـــدا. لا ســـبيل لتجنـــب هذا الاعتراض بالركون إلى قوانين الطبيعة (سواء أكانت معروفة أم مجهولة)، عوضا عن القوانين التـــي يعرفها العلم الراهن، لتحديد الممكن وغير الممكن؛ فعلى

اعتــبار أنــنا لا نستطيع أن نعرف إطلاقا ما إذا كانت قوانيننا الراهنة تشكل النواميس الصحيحة التي تحكم الطبيعة، لن يتسنى لنا أن نعرف، بخصوص أي إجراء مقترح لم يتم بعد تنفيذه، ما إذا كـــان ممكنا بهذا المعنى، ومن ثم لا سبيل لمعرفة ما إذا كنا نطلــق أحكاما يعوزها المعنى. (3) من جهة أخيرة، لن نستطيع تأويل لفظة "ممكن" بالركون إلى "ما ليس متناقضا منطقيا"، لان الـناتج المتاح سوف يكون أوسع مما يجب. فعلى سبيل المثال، الجملــة "الأرض ســاكنة فــي فضاء مطلق"، التي تشتمل على التعبير "فضاء مطلق" المفترض حظره من قبل الإجرائيين، تعد متســقة تماما من وجهة نظر منطقية. أما التعبير "فضاء مطلق" نفسه، رغم أنه قد يعاني من خلل مغاير، لا يبدو على أقل تقدير مــنطويا علـــى تــناقض ذاتي. من البيّن أن ما تحتاجه النزعة الإجرائــية هو معنى "للممكن" يتوسط بين "الممكن وفق القوانين المعـــروفة فـــي الوقــت الراهن" (الذي يستثني أكثر مما يجب) و"الممكــن" بمعـــنى "الخالي من التناقض المنطقي" (الذي يسمح

بأكثر مما يجب). وبطبيعة الحال، تتعين الإشكالية في تحديد هـ المعنى المتوسط بشكل واضح ودقيق[4].

على ذلك، فإن أهم ما يشغلنا الآن هو مسألة ما إذا كان يمكن للمفاهيم العلمية بوجه عام أن تعرّف **كلية** عبر حدود إجرائية، ولذا لنا أن نفترض جدلا أن الاعتراضات سالفة الذكر، المتعلقة بصعوبة فهم ما تقره النزعة الإجرائية، قد تم الرد عليه. لاحظ أن مسألة ما إذا كانت كل المفاهيم العلمية قابلة لأن تعرّف كلية عبر حدود إجرائية مجرد حالة خاصة لإشكالية عامة تتعلق بالمبدأ الأول، عنيت ما إذا كانت كل حدود النظرية النظرية العلمية قابلة لأن تعرف كلية عبر مفردات ملاحظية، بصرف النظر عن طريقتنا في فهمها. المبحث الأول الذي تشتمل عليها هذه المختارات، دراسة كارل همبل "مأزق المنظّر"، يناقش القضايا المتعلقة بهذه المسألة، حيث يقوم بطرح وتقويم العديد من البراهين الأساسية التي طرحت للدفاع أو الهجوم على ذلك المبدأ بطريقة لا ترتهن، على حد قول همبل، "بالموضع الذي

---

[4] ثمة صعوبات مماثلة تستثار بخصوص "نظرية التحقق في المعنى"، التي تقر وجوب أن يحدد معنى الجملة (عوضا عن معنى الحد، كما في النزعة الإجرائية) عبر مجموعة من سبل التحقق الممكنة.

يتم فيه على وجه الضبط رسم الحدود الفاصلة بين الحدود الملاحظية والمفردات النظرية".

4.المنطق بوصفه نموذجا وأداة في فلسفة العلم

قبل أن نقوم بفحص الرؤى والمشاكل التي يناقشها همبل، دعونا نلحظ بعض الملامح العامة التي تتسم بها طريقته، وطريقة من يناقش نهجهم، في حل مشاكلهم، عنيت مفاهيمهم ومهامهم والأساليب التي يرون وجوب استخدامها في أداء تلك المهام. تتسم أعمالهم، بل ربما معظم الأعمال التي أنجزت في فلسفة العلم في هذا القرن، بأنها تعول كثيرا على تقنيات المنطق الرمزي المعاصرة. هكذا، أنى ما وسعت السبل، تصاغ الإشكاليات عبر ذلك المنطق، بل إن مدى نجاح التحليل في صياغتها عبره يعد معيار نجاحه في أداء مهمته. إن ردولف كارناب، الذي تشكل أعماله مأتى كثير من النقاشات المعاصرة لإشكالية الحدود النظرية (فضلا عن العديد من الإشكاليات الأخرى في فلسفة العلم)، يصف موضوعه بأنه "منطق العلم"، بل إنه يزعم أن الفلسفة بأسرها منطق للعلم، أو يتوجب أن يستعاض عنها به. ولفهم الفكرة الكامنة خلف هذا التعبير، ثمة

حاجة لفحص التمييز الذي يعقد غالبا في كتب المنطق التدريسية التمهيدية بين "محتوى" القضية أو المحاجة و"شكلها"، كون المنطق معني فحسب بالأشكال أو الصور. هكذا نجد أن المنطق لا يهتم بقيم صدق الجملة "كل يوناني إنسان" أو "كل إنسان فان"، أو حتى بحقيقة كون هاتين القضيتين تستلزمان النتيجة "كل يوناني فان". بدلا عن ذلك، تراه يعنى **بالشكل** العام للقضية (كل A هو B) والمحاجة (كل A هو B، وكل B هو C"، ولذا فإن كل A هو C)، التي تعد مثل تلك القضايا المحددة مجرد حالات عينية لها. يتعامل المنطق المعاصر مع هذه الأشكال التي تتخذها الجمل والمحاجات ، ومع أشكال أكثر تركيبا منها، باستخدام حدود رمزية، كما يقوم بدراسة الخصائص العامة التي تختص بها (فضلا عن دراسة المفاهيم التي تستخدم في الحديث عن مثل هذه الجمل والمحاجات، مثل مفهومي "الصدق" و"الإثبات").

وعلى نحو مشابه، يعتبر "منطق العلم" موضوعا متعلقا لا بقيم صدق قضايا العلم العينية ("محتوى" العلم) ـ فهذه مهمة العالم ـ بل بالأنماط العامة أو شكول التعبيرات التي يتعامل معها العلم، وبالقواعد العامة التي تستخلص وفقها النتائج في

العلـــم بشكل صحيح، وبالمفاهيم المستخدمة في نقاش التعبيرات والمحاجـــات العلمـــية (تعبـــيرات من قبيل "يحتاز على معنى"، "تفســـير"، و"قـــانون"). وبخصـــوص أنـــواع الحدود التي تمثل "محـــتوى" ذلـــك "الشـــكل"، فإن منطق العلم معني بها ما عني بدراســـة القواعـــد العامـــة التي تحكم نوع المحتوى الذي يمكن اســـتخدامه (مـــثلا، كونه يتعين على الحدود التي تشغل مواضع المحتوى في الأشكال المنطقية الخاصة بالقضايا العلمية أن تشير إلى "إجراءات" أو أن تكون "قابلة لأن تعرف إجرائيا"). يلزم عن ذلك أن فلسفة العلم، وفق هذا التصور، محصنة ضد تقلبات العلم ــ مجـــيء ورحـــيل نظريات بعينها، كون هذه التغيرات تتعلق بمحـــتوى العلم، في حين أن الفيلسوف معني ببنيته ــ أي ليس مشغولا بنظريات محددة، بل بمعنى "النظرية" نفسها.

بـــيد أن "مـــنطق العلـــم"، بوصفه موضوعا، لا ينمذَج فحســـب علـــى منوال المنطق الرياضي الحديث، بل يقوم أيضا بتوظـــيف تقنـــيات هذا المنطق الفاعلة في التعامل مع مشاكله. يتضـــح هـــذا التوظيف تماما في براهين كارناب، التي يناقشها همبل، والتي تروم إثبات أن المفاهيم العلمية لا يمكن أن تعرّف

بوجــه عــام علـــى نحــو تام، ما يحتم الاستعاضة عنها بجمل ملاحظــية (من قبيل التعريفات الإجرائية). لهذا السبب، فإن فهم تلــك البراهيــن يستدعي فهم بعض المفاهيم والتقنيات المنطقية الأكثر بساطة.

يســتخدم المناطقة الحروف "p" و"q" (وحروف أخرى، حســب الحاجة) لتمثيل القضايا أو الجمل التي تكون صادقة أو باطلــة، بــدلا مــن كتابتها كاملة. من شأن هذا أن يوفر بعض الورق، كما أنه يلفت الانتباه، عبر طمس المحتوى، صوب شكل أو بنــية الــبرهان. يــتم الربط بين هذه الحروف عبر مختلف الــرموز، التي تسمى "روابط"، بغية تشكيل قضايا أكثر تركيبا. بالنسبة لمقصدنا، الرابط المنطقي الأكثر أهمية هو " → "، **الذي يعرفه** المناطقة بحيث تبطل الجملة "p → q" في كل حالة تصدق "p" وتبطل "q" (بصرف النظر عن القضايا التي تمثلها "p" و"q"). بهذا المعنى، تناظر "p → q" التعبير "إذا..فـــ.."، الذي يوظف في اللغــة الإنجليزية العادية بوصفه رابطا. ذلك أن الجملة "إذا نجح جونز، سعدت ماري" على سبيل المثال، تبطل حال صدق "نجح جونز" وبطلان "سعدت ماري". وفق هذا التناظر، يمكن أن نقرأ

"p → q" هكــذا : "إذا p، فـــــ q". في سائر الحالات (صدق "p" وصـــدق "q"؛ بطـــلان "p" وصدق "q"؛ بطلان "p" وبطلان "q")، تكون القضية "p → q" صادقة.

لاحــظ أن صدق أو بطلان القضية "p → q" محدد كلية بصـــرف النظر عن أي من الإمكانات المتعلقة بــقيم صدق "p" و"q" تم تحققه بالفعل. هذه خاصية تشكل قاسما مشتركا بين كل الـــروابط المستخدمة في المنطق الرياضي الحديث؛ فهي عندما تقـــوم بالربط بين قضيتين لتشكيل قضية أكثر تركيبا، تكون قيم صدق المركب الناتج محددة في كل الحالات الممكنة بقيم صدق الأجـــزاء المكوّنـــة. (توصف هذه الروابط بأنها "دال_صدقية"، وأحيانا تستخدم كلمة "امتدادية" للإشارة إلى تلك الخاصية). وفق هـــذا المعنى، يستقل المنطق عما يحدث بالفعل تماما كما يستقل عن معاني الجمل التي تمثلها "p" و"q". اكتشاف ما يحدث بالفعل مهمة الملاحظة، مهمة العلم على وجه الخصوص.

غير أن هذه الخاصية "الدال_صدقية" ليست مشتركة بين كـــل الـــروابط المستخدمة في الإنجليزية العادية؛ ويعتبرمفهوم الارتباط السببي، المعبر عنه بكلمة "يسبب" أو "لأن"، مثالا على

ذلك. حتى لو عرفنا صدق الجملتين "مات جونز" و"أصيب جونز بالسرطان"، تظل قيم صدق الجملة "مات جونز لأنه أصيب بالسرطان" غير محددة (فقد يكون إطلاق الرصاص عليه علة موته). غالبا ما يستخدم التعبير "إذا..فـ.." في السياقات العادية للتعبير عن علاقة سببية. هذا يعني ببساطة أن هذا التعبير، كما يستخدمه المناطقة، (الرابط " → ")، لا يعبر عن ارتباط سببي. الواقع أن اختيار المناطقة روابط تختص بالخاصية الدال_صدقية سالفة الذكر، هو مأتى نجاحهم في التركيز على ملامح البراهين التي تتوقف صحتها كلية على الشكل أو البنية، عوضا عن محتوى القضايا المعنية.

على ذلك، ترتب على تأويلهم للتعبير "إذا..فـ.." نتائج غريبة من وجهة نظر اللغة العادية. فعلى اعتبار بطلان القضية القائلة بأن شيكاغو تقع في ولاية أوهايو، وصدق القضية التي تقر أن أثنين زائد اثنين تساوي أربعة، فإن من شأن التعريف المنطقي لـ " → " ، مؤولا على أنه يعني "إذا..فـ..."، أن يجعل القضية "إذا كانت شيكاغو تقع في أوهايو، فإن أثنين زائد اثنين تساوي أربعة" قضية صادقة. وعلى نحو مماثل، سوف تصدق

القضـــيتان، "إذا كانـــت شيكاغو تقع في الينوي، فإن أثنين زائد اثنيـــن تساوي أربعة"، و"إذا كانت شيكاغو تقع في أوهايو، فإن أثنين زائد اثنين تساوي ستة". قد تجعل مثل هذه النتائج استخدام المنطق للتعبير "إذا ..فـــ.." يبدو اعتباطيا ومنحرفا وغير ملائم بوصفه تحليلا للاستخدام العادي (والعلمي) لذلك التعبير؛ وسوف نـــرى أن بعض النقاد يجد في استخدام هذا التأويل لذلك التعبير مصـــدر كثير من الصعوبات التي واجهت فلسفة العلم الحديثة. غير أنه يتعين علينا أن نتذكر أن هذا التأويل قد ساعد المناطقة فـــي تحقيق نتائج باهرة. هكذا أسهم مفهوم "الاستلزام"، المرتبط بـــ "→" (كما في قولنا إن "p تستلزم q"، بمعنى أنه إذا صدقت "p"، توجـــب صـــدق"q")، فـــي إقامة علاقة آصرة بين المنطق والرياضـــيات، مـــا أدى بـــدوره إلى اكتشافات مهمة في هذين المجاليـــن. ورغـــم إمكـــان وجود براهين تعتبر عادة سليمة لا يشملها مفهوم الاستلزام هذا، يتم تناول القطاع الواسع والمتنوع الذي يشمله بطريقة مناسبة تماما. فضلا عن ذلك، قد يتسنى في نهاية المطاف جعل البراهين، التي لم يتم بعد تناولها بشكل ملائم عـــبر ذلـــك المفهوم، تمتثل لسطوته. من جهة أخرى، لم يتمكن

أحـد من طرح تأويل مغاير (التأويل عبر "الارتباطات السببية مثلا) قبله الكثيرون بوصفه واضحا على أقل تقدير.

ثمة رابط أخير سوف نحتاج إليه في النقاشات التالية: "p= q"، التي يمكن تأويلها بـ "p إذا وفقط إذا q" (أو "إذا p، فـ، وإذا q، فـ p"، بحيث تفهم "إذا p، فـ q" بالمعنى الذي سبق تعريفه). يتضح أن "p= q" تصدق حال صدق كل من "p" و"q"، وحال بطلان كل منهما، وتبطل في الحالتين الأخريين.

5.نقد المبدأ الأول؛ التأويل الجزئي والمبدأ الثاني

بمقدورنا الآن أن نعود إلى نقد كارناب للمبدأ الأول ـ الأسباب التي جعلته يقر استحالة تعريف الحدود النظرية بشكل تام عبر تعبيرات ملاحظية صرفة. اعتبر التعاريف الإجرائية، بوصفها قواعد للاستعاضة عن الحدود النظرية بحدود ملاحظية. قد نفترض أنها تمتثل للنمط التالي: يقال إن الشيء المفرد x يختص بالخاصية Q (حيث Q حد نظري) إذا وفقط إذا صدقت القضية "إذا تم تطبيق الإجراء C على x، سوف يعرض x الآثار E". هكذا تقبل الجملة "يختص x بالخاصية (النظرية) Q" أن يستعاض عنها، دون خسارة في المعنى، بجملة "إذا..فـ.."

"الإجرائـــية". فمـــثلا، سوف يقال إن هذا الجسم مغناطيسي إذا وفقـــط إذا تم استيفاء الشرط التالـي: إذا تم وضع قطعة صغيرة مـــن الـــنحاس قـــربه، ســـوف تتحرك صوبه. إذا قمنا بتأويل التعبيرين "إذا..فــ..."، و"..إذا وفقط إذا.." على طريقة المنطق، يمكن ترميز "التعريف الإجرائي" على النحو التالي:

$$"Qx \equiv (Cx \to Ex)" .$$ [5]

لســـوء الطالع، فيما يشير كارناب، إذا فهمنا "إذا..فــ..." فـــي هذه الصياغة بالمعنى المنطقي، سوف نحصل على نتيجة منافية للعقل. إذا لم يتم تطبيق الإجراء C على x (بحيث تبطل "Cx")، ســـوف تصـــدق الجملـــة (Cx → Ex) برمـــتها، وفق ما

---

[5] نلحـــظ هنا إحدى فوائد الترميز: لو قمنا بكتابة هذه الصياغة بألفاظ عادية، سوف تتخذ الشكل المطول "x تختص بالخاصية Q إذا وفقط إذا، إذا أخضعت x للشروط الاختبارية C، سوف تظهر الاستجابة E".

كمـــا هي العادة في نقاشات هذا الموضوع، ترتبط الأمثلة المستخدمة بخاصية (الخاصـــية النزوعـــية المـــتعلقة بالمغناطيســـية) عوضـــا عـــن **كيـــنونة** (مثال المجال الكهرومغناطيســـي أو اللاوعي). مسألة الحدود النظرية التي تزعم الإشارة إلى كينونات تعـــد أقل أساسية من مسألة الحدود النظرية التي تعزو خصائص لكينونات. إذا افترضنا (كمـــا يبدو أننا نفترض في الغالب) أننا نستطيع التعامل مع الكينونات بوصفها مجموعات من الخصائص (خصوصا النزوعية منها).

أوضحنا في الجزء السابق. ولأن القضية "$Qx \equiv (Cx \rightarrow Ex)$" صادقة بالتعريف، سوف نرغم على القول بأن x يختص بالخاصية Q ـ بأية درجة يتم تحديدها ـ في كل وقت لا يتم تطبيق الإجراء C عليه! ولكن بينما قد نرغب في القول بأن للجسم وزن حتى في حال عدم القيام بوزنه، لن نرغب في الحكم بأنه في كل وقت لا يوزن فيه، يبلغ وزنه عشرة أرطال وخمسين عشر رطلا. غير أنه سوف يكون محتما علينا، وفق التأويل السابق، أن نقر هذا الأمر على وجه الضبط: إذا كانت "Cx" باطلة، سوف تصدق "$(Cx \rightarrow Ex)$" **بصرف النظر** عما نستعيض به عن "Ex"؛ وإذا صدقت كل من القضيتين "$(Cx \rightarrow Ex)$" و "$Qx \equiv (Cx \rightarrow Ex)$"، توجب، وفق تعريف الرابط "≡"، أن تصدق "Qx". وعلى نحو مشابه، سوف يتعين علينا أن نقر أن الجسم يكون مغناطيسيا في كل وقت لا يتعرض فيه لاختبار المغناطيسية. في هذه الحالة، خلافا لحالة الوزن، لا نرغب في القول بأن كل جسم لا تختبر مغناطيسيته يعد مغناطيسيا. حتى بالنسبة للأجسام التي نود إقرار مغناطيسيتها في بعض الأوقات التي يختبر اختصاصها بها، بودنا إقرار إمكان ألا

تخـــتص بتلك الخاصية. بيد أن التأويل سالف الذكر يحول دون ذلـــك: لان إذا بطلـــت "Cx" (أي إذا لـــم يـــتم تطبـــيق اختبار المغناطيسية)، سوف نضطر إلى الحكم بصدق "Qx" (أي الحكم بأن x مغناطيسي).

لقـــد تم اقتراح مصدرين لهذه الصعوبة: إما أن التأويل المنطقـــي للتعبـــير "إذا..فـــ.." لا يعبر عن معنى يناسب الجملة الإجرائـــية (أو يناســـب، علـــى وجـــه أكـــثر عمومية، الجملة الملاحظـــية الـــواردة علـــى يمين العلامة "≡")، أو أن استخدام التعبـــير "إذا..فـــ.." لا تثريب عليه، لكن هناك خللا في مفهومنا للعلاقـــة بين الحدود النظرية والحدود الملاحظية الذي يقر قابلية الواحد منها عن الآخر (أي يقر "$Qx \equiv (Cx \rightarrow Ex)$"). وكما سبق أن لاحظنا، فإن المقترح الأول لم يفض إلى حل مجمع عليه من قـــبل طائفـــة كبـــيرة مـــن المتفكريـــن؛ ليس ثمة تأويل لمعنى "إذا..فـــــــ.." المـــتعلق يتم عبر "الارتباط الضروري"، "الارتباط المـــادي"، "الارتباط الحقيقي"، أو ما شابه ذلك، يؤمّل الكثيرون حتى في كونه واعدا.

هكــذا يخــتار كارناب البديل الثاني. الواقع أن اختياره مــثال نمطـــي على النهج الذي سلف ذكره (الجزء 4)، والذي ســوف يحــاول كثــير من فلاسفة العلم المعاصرين، بسبب ما يواجهونه من صعوبات، إعادة صياغة محاجاتهم ونتائجهم وفقه قبل التخلي عن أسس المنطق الواثقة. من هنا يقترح كارناب أن الحــدود الــنظرية والحــدود الملاحظية لا ترتبط عبر تعاريف صــريحة للأولـــى عبر الثانية، بل عبر "جمل رد" تقوم فحسب بطــرح **تــأويل جزئي** للحد النظري. أبسط أنواع جمل الرد هو القضية التالية:

" Cx → (Qx → Ex)".

التي تقر أنه "إذا تم تطبيق **الاختبارات** C على x، فإن x تختص بالخاصــية Q إذا وفقــط إذا أظهرت x **الاستجابة** E". إذا لم يتم تطبــيق تلــك الاختبارات، لن يلزم **ضرورةَ اختصاصُ** x **بتلك** الخاصية، وهكذا يتم الخلاص من الصعوبات آنفة الذكر. Q هنا تحصـــل فحســـب على "تأويل جزئي"، بمعنى أن هذه الصياغة الجديـــدة لا تحـــدد معنى "Q" إلا نسبة **إلى الأشياء** التي تستوفي شــروط الاختــبار C. على هذا النحو، يظل معنى "Q" مفتوحا،

بحيث يمكن باستمرار إضافة جمل رد جديدة تحدد المزيد من الشروط والاستجابات الخاصة باختبار حضور الخاصية Q[6].

لقد أفضت هذه المحاجة ضد المبدأ الأول إلى التخلي عنه والاستعاضة عنه برؤية جديدة لعلاقة الحدود النظرية بالحدود الملاحظية. التمييز بين هذين النوعين من الحدود، رغم

---

[6] عوز الحد لتعريف إجرائي، وحتى استحالة توفيره المزعومة، لا تحول دوما دون قيام العلماء بقبول المفهوم المعني، إذا كان يقوم بوظيفة مهمة نسبة إلى النظرية. أشهر حالات حدوث هذا الأمر تتعين في قبول مفهوم الجزيء الأولي في الفيزياء الذي يعرف باسم "النيوترينو"، بالرغم من أن العلماء افترضوا آنذاك أن الربط الغريب بين خصائص تعزى إلى تلك الكينونة حال دون ملاحظتها. غير أنه ما كان لهم التشبث بمبدأ بقاء الطاقة لولا أنهم افترضوا وجود تلك الكينونة. لقد كان من شأن التخلي عن ذلك المبدأ، الذي كان يطبق بشكل سائد وأساسي في علم الفيزياء بأسره، أن يحدث اضطرابا في معظم أرجاء ذلك العلم. وفق هذا (وبالرغم من استحالة ملاحظته المزعومة أو ملاحظة أية آثار مغايرة لتلك التي طرح لتفسيرها، ما يعني أن طرحه كان مناورة آدهوكية) تمت المصادرة على جزيء غير قابل للملاحظة، النيوترينو، لتفسير عوز التوازن في الطاقة الملحوظ في عمليات إشعاعية بعينها. (حقيقة كون النيوترينو قد اكتشف لاحقا لا تؤثر في حقيقة أنه اعتبر وقت طرحه، من قبل الكثيرين الذين قبلوه، غير قابل للملاحظة. الواقع أن هذه الحالة توضح صعوبة تحديد، ما هو "قابل للملاحظة" وما ليس كذلك، في أي طور من أطوار تاريخ الفيزياء). من هذا يستبان الخلل في فرض نزعة إجرائية متشددة تشترط أن يكون كل مفهوم علمي قابلا للتعريف إجرائيا. ليست كل حدود النظرية العلمية قابلة حتى للتأويل الجزئي؛ بعض منها ترتبط فحسب بحدود أخرى، بعض منها مؤول جزئيا في نسق منطقي.

أن البراهين تصاغ بحيث يتم تجنب الصعوبات الناجمة عن عقده، يظل باقيا معنا؛ غير أن العلاقة أضحت تفهم على النحو التالي:

المبدأ الثاني: يمكن فحسب طرح تأويل جزئي لبعض التعبيرات، على أقل تقدير، الواردة في النظرية العلمية عبر المفردات الملاحظية.

على هذا النحو لا يكون بالمقدور، حتى من حيث المبدأ، الاستغناء عن بعض حدود المفردات النظرية؛ ثمة عناصر دلالية في مفاهيم النظرية العلمية تتجاوز ما تعدّه الخبرة. على ذلك، ووفق ما يقره أشياع هذه الرؤية، فإن هذا لا يعني العودة إلى المذهب القائل بأن للعقل البشري قدرة خاصة على تبصر الواقع تتجاوز الخبرة، إذ بالإمكان، وفق قولهم، اعتبار كل معاني المفهوم غير الخبراتية عبر موضع المفهوم في النسق المنطقي (قارن مثلا، الجزء 7 أدناه).

بيد أن البت في أمر صحة مذهب كارناب، وبطلان المبدأ الأول، أصبح أكثر تعقيدا بسبب مبرهنة في المنطق الرياضي قام وليام كريج بإثباتها. وفق هذه المبرهنة، إذا تم تقسيم لغة النظرية العلمية (باستثناء الحدود "المنطقية البحتة" من قبيل "→" و"≡" ؛ قارن الجزء 7 أدناه) إلى فئتين جامعتين لا

عناصر مشتركة بينهما (الحدود الملاحظية والحدود النظرية)، سوف يكون بالإمكان دوما الاستعاضة عن هذه اللغة بلغة أخرى لا تشتمل على أي حد من المفردات النظرية. يبدو إذن أنه بالمقدور في نهاية المطاف الدفاع عن المبدأ الأول (ولكن في صياغة معدلة، فالاستعاضة تتم عن اللغة بأسرها، لا عن تعبيرات خاصة فيها). غير أن مبرهنة كريج، كما يوضح همبل ("مأزق المنظر"، الجزء 9)، لا تنجح حقيقة في جعل ذلك المبدأ أقل منافاة للعقل. ذلك أن اللغة الجديدة، التي تحل بدلا من اللغة المشتملة على حدود نظرية، سوف تتسم بملمح غير مرغوب فيه (فضلا عن ملامح أخرى)؛ سوف تتضمن عددا لا متناهيا من المبادئ، بحيث تخفق في تحقيق الغاية المتعلقة بجعل النسق الأصلي واضحا.

6.الحدود النظرية في مقابل الحدود الملاحظية: المبدأ الثالث

يتمثل أحد الدوافع الأساسية الكامنة خلف محاولة الدفاع عن تمييز بين الحدود النظرية والملاحظية في الرغبة في تفسير كيف يتسنى للنظرية أن تُختبر بمعطيات الخبرة، وكيف يمكن الحكم بأن نظرية ما "تفسر الحقائق" بطريقة أفضل من أخرى،

أي الرغبة في طرح تحديد دقيق للفكرة، التي يكاد يجمع عليها[7]، والتي تقر أن العلوم امبيريقية "مؤسسة على الخبرة". هكذا جادل أنصـــار المبدأين الأول والثاني على النحو التالي: يمكن اختبار النظرية العلمية إذا وفقط إذا كانت تتضمن على الأقل حدودا ــ أو مكونـــات يمكـــن تمييزها في معاني بعض حدودها ــ تحتاز على معنى مستقل عن سياقها النظري عبر الإشارة إلى عناصر خبراتـــية مســـتقلة عـــن النظرية. أيضا بالمقدور المقارنة بين نظريتيـــن مختلفتين إذا وفقط إذا كانت هناك على الأقل مثل هذه الحـــدود (أو المكونـــات) التي تحتاز على معنى مشترك فيهما.

---

[7] أقول "يكاد يجمع عليها"، لأن الفلسفة الحديثة عرفت مذهبا يقر أننا إذا وظفنا العقـــل بحـــرص كـــاف، سوف نتمكن، دون الركون إلى أية خبرات، من اكتشاف بعض الحقائق الأساسية المتعلقة بالكون يمكن منها أن تشتق حقائق أخرى (وربما العلم بأسره). فـــي هـــذا القـــرن، قام إي.أ. مالن و السير آرثر إدينجتون بإحداث تعديل طفيف في هذه الفكـــرة، حيـــث أقـــرا أن النهج الامبيريقي نفسه يستلزم قوانين العلم، بمعنى أنه إذا قمنا بتحلـــيل ذلـــك المـــنهج بدقة كافية سوف يكون بالإمكان الاستغناء عنه بوصفه سبيلا للحصول على نتائج علمية. هكذا يقر مالن مثلا أننا "ما أن نقوم بتحديد دقيق لكيفية وعينا بالجوانـــب الكمية من الظاهرة، حتى نصبح قادرين تلقائيا، طالما لم تعوزنا المهارة، على اشتقاق كل العلاقات القائمة بين تلك الجوانب الكمية".

[E.A. Milne, "The **Fundamental** Concepts of Natural Philosophy," *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, LXII (1943_44), Part I; reprinted in M. Munitz (ed.), *Theories of the Universe* (Glencoe: The Free Press,1957), pp. 358_359].

وفي غياب مثل هذا المعنى المشترك، لا تتحدث النظريتان عن ذات الأشياء، ما يحول دون المقارنة بين درجة ملاءمتهما. من وجهة النظر هذه، حتى لو لم يكن التمييز بين "النظري" و"الملاحظي" دقيقا إلى حد كاف، يتعين أن يكون ثمة تداخل في المعنى بين النظريتين، طالما رغبنا في عقد مقارنة بينهما.

كثير من المتفكرين، حتى من قبل منهم المبدأ الثاني، أصبحوا يرتابون في كون التمييز دقيقا إلى الحد الذي افترضه كثير من فلاسفة العشرينيات والثلاثينيات. إذ ما الظروف التي نكون فيها "مجرد ملاحظين" عوضا عن أن نكون "مؤولين" في ضوء النظرية؟ من جهة متطرفة، حين نصدر حكما بخصوص المسافات وفق الأحجام النسبية الظاهرية، ألا نكون قد افترضنا (ربما "بشكل غير واع") معرفة بهندسة المكان؟ هل نحن "مجرد ملاحظين" حين ننظر عبر المقراب، الذي "أُسس" على قدر هائل من المعرفة النظرية بعلم البصريات؟ (ألا تعد مثل هذه الملاحظات ـ بل كل الملاحظات ـ "مشحونة" نظريا بدرجة ما على الأقل ؟). من الجهة المتطرفة الأخرى، فيما يتعلق بالحدود التي تصنف عادة على أنها "نظرية"، ألا يقوم العلماء

"بملاحظة" الذرات والبروتونات وحتى النيوترينوات؟ (أم تراهم يلحظـــون آثارهـــا فحســـب؟ ولكن حتى على افتراض أنهم لا يلحظون سوى آثارها، هل يعد هذا سببا كافيا لتصنيفها بوصفها "نظـــرية"؟ لقد جادل بعض الفلاسفة بأننا لا نقوم بملاحظة أية أجســـام مادية، وبأن مبلغ ما تتسنى لنا ملاحظته هو الآثار التي تحدثها على حواسنا أو عقولنا). وحتى على افتراض أننا نقوم عادة بالتمييز بين اللغة الملاحظية واللغة النظرية، هل يتعلق هذا التميـــيز بتحليل العلم بالطريقة المعمقة التي تعزى إليه من قبل أنصار المبدأين الأول والثاني؟ ذلك أن العالم، وفق ما يشير بيير دوهيم، لن يجيب حين يسأل بقوله مثلا إنه "يدرس تأرجح قطعة النحاس التي تحمل هذه المرآة"، بل سوف يقول "إنه يقوم بقياس مقاومـــة الملـــف الكهربـــية". بكلمات أخري، حتى عندما يقوم العلمـــاء بإقرار "ملاحظاتهم"، فإنهم لا يستخدمون ما نسميه وفق الدلالة العادية لغة "ملاحظية" بمعنى صرف، بل يستخدمون لغة تفترض أصلا قدرا كبيرا من فهم النظرية العلمية.

فـــي ضـــوء مثل هذه الاعتبارات، زعم بعض الفلاسفة المتأخريـــن أن التمييز بين الحدود الملاحظية والحدود النظرية

تمييز في الدرجة لا في النوع، بحيث يكون في أسوأ الأحوال اعتباطيا، وفي أفضلها مجرد عرف، كون موضع الحد الفاصل يختلف من شخص إلى آخر ومن سياق إلى ثان. وعلى وجه الخصوص، فإن تقريرات العالم عن ملاحظاته سوف تكون مشحونة بدرجة كبيرة بالنظرية. لهذا السبب حاول أشياع المبدأ الثاني في الآونة الأخيرة ، بعد أن انتبهوا إلى إمكان ألا يكون التمييز مطلقا، صياغة براهينهم بطريقة مستقلة عن سبل عقد ذلك التمييز (قارن مثلا ملاحظات همبل في نهاية الجزء 2 من "مأزق المنظِّر").

على ذلك، ثمة من ذهب إلى أبعد من ذلك، فجادل بأن كل حدود النظرية العلمية "مشحونة نظريا" أو "مرتهنة نظريا" بالمعنى المتطرف التالي:

المبدأ الثالث: يستحيل (في معظم الحالات على أقل تقدير) فصل أحد مكونات معاني الحدود الواردة في نظريات مختلفة بحيث تكون لدى مثل هذه النظريات ذات المفردات الملاحظية أو مفردات ملاحظية متداخلة؛ رغم إمكان أن ترد ذات الحدود في تلك النظريات المتغايرة، فإنها لا تحتاز على ذات المعاني، كون المعنى يتوقف بشكل حاسم على السياق النظري ويختلف باختلافه.

هـنـاك وجهـة نظـر تقـارب على الأقل هذا الموقف المـتطرف تجدها في مقالة ستيفن تولمن. حيث يؤكد أن أنواع "الظواهـر" التي تثير المشاكل للعالم هي تلك التي تنحرف عن نمـط أو تواتـر مـتوقع. يسـمي تولمن مثل هذه الافتراضات الخاصة بما يحتاج إلى تفسير "بمُثل النظام الطبيعي" أو "النماذج المـثلى". بيد أن تلك "المثل" لا تقوم فحسب باختيار أية خبرات تعد إشكالية، بل إن "الظواهر" نفسها، فيما يقر تولمن. معرفة من قـبلها. هكـذا يحدثنا (في نص لا تشتمل عليه المقالة المتضمنة هنا) عن "التفاعل المستمر بين النظرية والحقيقة ــ الطريقة التي تؤسـس وفقهـا الـنظريات على الحقائق، وتضفي بها في ذات الوقـت أهمية على تلك الحقائق، بل تحدد ما يعد "حقائق" أصلا نسبة إلينا."[8] أيضا فإنه يجادل بأن " الذين يعتنقون مثلا أو نماذج مُثلى مختلفة...لا يكونون معنيين بذات المشاكل؛ فالحوادث التي تشكل "ظواهر" عند الواحد منهم سوف تغفل من قبل المنتمي إلى بارادايم أخرى على اعتبار أنها "طبيعية تماما"."

[8] S. Toulmin, *Foresight and Understanding* (Bloomington: Indiana Univ. Press, 1961), p.95.

وثمة رؤية اكثر تطرفا طرحها تومس كون في كتابه "بنية الثورات العلمية" (The Structure of Scientific Revolutions). يقر كون أن "النماذج المثلى"، التي تشكل الطريقة التي ينظر بها العلماء المنتمون إلى مواريث مختلفة إلى العالم، والتي ترشدهم في تشكيل تجاربهم ونظرياتهم، "غير قابلة للقياس بالوحدات نفسها". النموذج الأمثل (البارادايم) يحدد ما يعتبره العالم المنتمي إلى موروث بعينه حقائق، كما يحدد مشاكله والمعايير التي يشترط استيفاؤها من قبل النظرية. كل هذه تختلف بوجه عام من بارادايم إلى أخرى. فمثلا، على اعتبار أن الفيزياء النيوتونية (وفق ما يرى كون) مؤسسة على بارادايم تختلف عن باردايم أينشتين،لا تعد نظرية أينشتين، كما يعتقد عادة، صياغة أكثر دقة وشمولية من الفيزياء النيوتونية؛ ذلك أن الحدود التي تكون من قبيل "مكان"، "زمان"، و"كتلة" تحتاز على معاني متغايرة كلية في تينك النظريتين.

ولكن، إذا كانت معاني كل الحدود محددة من قبل النظرية (أو البارادايم)، بحيث تستحيل المقارنة حتى بين معاني ذات الحدود في سياقات نظرية مختلفة، ولا يكون ثمة قاسم

مشـــترك بيـــنهما، يتعين علينا أن نتساءل، صحبة الذين حاولوا الدفـــاع عن تمييز بين الحدود النظرية والحدود الملاحظية، عن كيفـــية التفضـــيل بيـــن النظريات، وعن الكيفية التي تشكل بها الاستعاضـــة بنظرية ما عن أخرى "تقدما" أو "تطورا". إن كون يعـــي تمامـــا هذه الصعوبة؛ ففي فقرات لا تشتمل عليها مقالته المتضـــمنة في هذه المختارات يزعم أنه عقب قيام ثورة علمية، حيـــث تحل بارادايم محل أخرى، "يطرأ تغيير على مجمل شبكة الحقيقة والنظرية"[9]. وفق هذا، "فإن أعضاء الجماعتين العلميتين، كونهـــم يمارســـون أنشطتهم في عالمين مختلفين، يرون أشياء مختلفة حين ينظرون من نفس الموضع في ذات الاتجاه"[10]. على ذلـــك، يقـــر كون "أن هذا لا يعني أنهم يستطيعون رؤية كل ما يرغبون في رؤيته. كل منهم ينظر إلى العالم، وما ينظرون إليه لم يطرأ عليه أي تغيير"[11]. غير أنه يصعب فهم كيف يتسق هذا الاســـتدراك (والتميـــيز الملمّـــح إليه بين "الرؤية" و"النظر") مع وجهـــة نظـــره التـــي تقـــر عدم قابلية المفردات العلمية للقياس

---

[9] T. Kuhn. *The Structure of Scientific Revolutions* (Chicago: Univ. of Chicago Press, 1963), p.140.

[10] Ibid., p.149.

[11] Ibid., p.149.

بالوحدات نفسها، وكيف يتسنى لكون الخلاص من النسبية المتطرفة المتضمنة في قوله "إن التنافس بين النماذج المثلى ليس صراعا يمكن حسمه عبر الإثبات"[12]. يبدو أن استدراكه أقرب لأن يكون صياغة للإشكالية التي يتعين عليه وعلى أشياع مذهبه مواجهتها ــ إشكالية كيف يمكن أن تتم المقارنة بين نظريات غير قابلة للقياس بالوحدات نفسها ــ من أن يكون حلا لها. يبدو أنه يود الحكم بأن النظرية لا تُقبل لأنها "أفضل" من غيرها، بل تعد أفضل من غيرها لأنه تم قبولها.

في المقابل، يحاول تولمن الإجابة عن السؤال الذي تستثيره تلك الصعوبة: "كيف يمكن لنا أن نعرف أية افتراضات يتوجب علينا تبنيها؟ لا ريب أن النماذج المثلى التفسيرية ومثل النظام الطبيعي ليست "صادقة" ولا "باطلة" بأي معنى ساذج. عوضا عن ذلك، فإنها تذهب بنا شوطا أبعد (أو أقرب)، وتعد نظريا أكثر (أو أقل) خصوبة". ولكن ما الإنجاز الذي تؤتي هذه "الخصوبة" ثماره؟ وصوب أية غايات تقطع بنا النظرية "شوطا أبعد" من غيرها؟ بالتوكيد لا تكون مجموعة من الافتراضات أو

[12] Ibid., p.147.

المـــثل أفضـــل من أخرى بمعنى أنها تمكننا من التعامل بفعالية أكـــثر مـــع ذات الإشـــكاليات أو ذات الحقـــائق، فالإشكاليات والحقـــائق، وفق وجهة نظر تولمن، تختلف من مثال إلى آخر. إن تولمـــن، شـــأن كـــون، يخفق في توضيح الكثير بخصوص المعـــنى الـــذي يُحكم وفقه بأن نظرية ما تعد مرضية أكثر من غيرها.

هكـــذا نبقى في مواجهة مأزق: إما أن نقبل التمييز بين الحـــدود النظرية والحدود الملاحظية (في صيغة أو أخرى) أو نرفضـــه. إذا قبلـــناه، سوف نتمكن من جعل النظريات العلمية موضـــعا لحكم الحقائق المستقلة عنها، بيد أننا نظل في مواجهة مهمـــة جعـــل التمييز دقيقا أو تبيان كيف تتمايز العناصر التي تســـمح بالمقارنـــة بيـــن مختلف النظريات. إذا رفضناه، سوف نتجنـــب صـــعوباته التـــي لا قبل لأحد بإنكارها، بيد أننا سوف نواجـــه إشكالية تفسير كيفية عقد المقارنة بين النظريات والحكم عليها. يتوجب على هذين البديلين تخطي صعوبات كأداء لمحنا هـــنا إلـــى بعـــض منها. الواقع أن إحدى إشكاليات فلسفة العلم

الحاسمة في الوقت الراهن إنما تتعين في البحث عن سبيل آمن بين قرني تلك المعضلة.

7.النظريات والأنساق الاكسوماتية

تبين لنا إبان فحص إشكالية الحدود النظرية كيف أفضى التحليل النقدي إلى تطور في الرؤى. بيد أن الانتقال من المبدأ الثاني إلى الثالث لا يشتمل فحسب على تغير في حل إشكالية مفردة. فخلف الرؤية التي يقرها المبدأ الثالث يكمن ما يمكن اعتباره تغيرا حاسما في "الأسلوب الفلسفي"، في سبل صياغة وتناول الإشكاليات. لم يعد المنطق الرياضي عند أشياع تلك الرؤية مفتاح حل مشاكل فلسفة العلم. سوف نتمكن من تعميق فهمنا للتغير الذي طرأ على الرؤى بالقيام بمسح لقضايا أخرى تعد مركزية في نقاشات راهنة (وفي المختارات التالية).

تتعلق إحدى تلك القضايا بمدى اقتدار المنطق على الكشف عن طبيعة النظرية العلمية. ثمة رؤية في النظرية العلمية تعد أساسية نسبة إلى نقاش همبل في "مأزق المنظر"،

ونسبة إلى عدد كبير من أعمال مفكرين يرون أن المنطق الرياضي أداة لفهم العلم، مفادها أن النظرية العلمية **نسق اكسوماتي مؤول**. مفهوم النسق الاكسوماتي واضح بداهة، فهو عبارة عن فئة من الجمل تُقبل بداية (وهي تقسم عادة إلى تعاريف، ومبادئ، ومصادرات، وإن كان هذا أمر لا يتعلق بمقصدنا)، بحيث يتم وفقها إثبات جمل أخرى (مبرهنات). غير أن هذا المفهوم البيّن بداهة أصبح، بفضل جهود المناطقة المحدثين، موضعا لتطورات غاية في الإحكام، حيث تم طرح تحليل غاية في الدقة لخصائص الحدود الوارد ذكرها في المبادئ، وسبل التوليف بينها في جمل تشكل تلك المبادئ، ولمفهوم الاستنباط أو الإثبات الذي يُخلص عبره إلى المبرهنات.

لتثمين هذا العمل وتطبيقاته على فلسفة العلم، يتوجب أن نفهم بداية ما يعنيه المناطقة بالنسق الاكسوماتي **غير** المؤول. مثل أي شيء آخر، يتعين أن تتم صياغة النسق عبر لغة ما؛ حتى مفهوم اللغة يتم التعامل معه من قبل المناطقة بشكل دقيق، عبر مفهومهم في **اللغة الصورية**. دعونا نقارب هذا المفهوم عبر القياس التالي. المعاجم العادية تعرف الألفاظ بطريقة

دائـــرية؛ أي اننا إذا بحثنا عن معنى لفظة ما، وعن معاني كل الألفاظ المستخدمة في تعريفها، لن نلبث أن نجد أنها تعرّف عبر ذات اللفظة التي كنا نبحث عن معناها. هبنا وددنا الخلاص من هـــذه الدائـــرية بـــإعداد قائمة تشتمل على عدد قليل من الألفاظ البســيطة (نسميها "**حدودا أساسية**" أو "أولية") التي نجد معانيها واضـــحة وتعد مناسبة لتعريف سائر ألفاظ المعجم (التي نسميها "ألفاظا معرّفة"). على هذا النحو يمكن، من حيث المبدأ على أقل تقديـــر، الاســـتغناء عـــن الألفـــاظ المعرّفة، فما يمكن أن يقال باســـتخدامها يمكـــن قوله بدونها، باستعمال الحدود الأولية. هبنا قمـــنا أيضا بسرد القواعد التي يمكن وفقها التوليف بين الحدود الأساسية لتشكيل عبارات وجمل تحتاز على معنى؛ سوف نسمي هـــذه القواعـــد "قواعـــد نحويـــة" أو "**قواعد الصياغة**" الخاصة بالعبارات والجمل. على هذا النحو، إذا اعتبرنا "**تفاحة**"، "**ينمو**"، "**علـــى**"، "**شجرة**" حدودا أولية في معجمنا، سوف نحاول تشكيل قواعد تكون وفقها الجملة "ينمو التفاح على أشجار" جملة "سليمة" نحويـــا، خلافـــا لـــــ "علـــى يـــنمو الأشجار التفاح". في لغات كالإنجلـــيزية، تتعيـــن إحدى الصعوبات التي سوف نواجهها في

كـــون مهمة تشكيل مثل هذه القواعد غاية في التعقيد، فثمة عدد أكـــبر ممـــا يجب من التنويعات الممكنة، ولكل قاعدة ثمة عدد متكـــثر مـــن الاســـتثناءات. لهـــذا السبب، وفضلا عن محاولة الحصـــول علـــى ســـبيل لحسم قضايا من قبيل طبيعة النسق أو الـــنظرية، يـــتعامل المناطقة مع لغات مستحدثة تتسم بالملامح سالفة الذكر في قياسنا، ولكن دون أن تكون معقدة.

تـــتكون **اللغة الصورية** إذن من إعداد دقيق لقائمة من **الحدود الأولية**، فضلا عن مجموعة من القيود، تطرح في شكل **قواعـــد صـــياغة** دقيقة يمكن وفقها التوليف بين هذه الحدود في **صـــياغات ســـليمة**. تشـــتمل الحدود الأولية على حدود منطقية صـــرفة (مـــن قبل الرابطين "≡" و"→" ، وربما روابط مغايرة لهمـــا يمكـــن عـــبرها تعريفهما) وحدود "غير منطقية" (يمكن اعتـــبارها حدود اللغة "الملاحظية أو "النظرية"، ما لم يتم بالطبع تعريف كل الحدود النظرية). وفضلا عن الحدود الأولية، سوف تكون هناك بوجه عام حدود معرّفة، غير أنه بالمقدور الاستغناء عنها من حيث المبدأ.

هـذه إذن لغة صورية. وفق هذه المرجعية من الحدود **الأولـية** وقواعد الصياغة، يتم تشكيل نسق **اكسوماتي**: فئة من الصياغات السليمة يتم اختيارها تشكل **مبادئ** النسق. ثمة قواعد تحويـل (أو **استنباط** أو **استدلال**) محددة بطريقة دقيقة تناط بها مهمة تحديد فئة من **المبرهنات** التي يمكن اشتقاقها من المبادئ. (وفـق القـياس السابق، هبنا قمنا، عقب طرح قواعد الصياغة لتشـكيل جمـل تحتاز نحويا على معنى، باختيار عدد قليل من الجمـل التي اعتبرناها صادقة، ثم حاولنا، وفق قواعد المنطق، اشـتقاق جمـل صـادقة أخرى منها. قد نكون على درجة من الحكمة بحيث نقوم باختيار المبادئ بطريقة تضمن اشتقاق سائر الجمل الصادقة في لغتنا).

ثمـة ملمح غاية في الأهمية اتسم به نقاشنا حتى الآن، يتعيـن فـي كونـنا لم نفترض أي فهم للحدود الأولية: نسبة للمنطقـي، تعـد هـذه الحدود غير مؤولة، بمعنى أنه لا حاجة لاعتـباره احتـيازها على معنى مغاير للقيود التي فرضت على سـبل توليفها وفق قواعد الصياغة. حتى الحدود غير المنطقية يمكـن التعامل معها بوصفها رموزا تعوزها الدلالة تقحم وفق

قواعد بعينها في صياغات منطقية. وبالطبع، فإن كل هذا مجرد ملمح آخر لحقيقة كون المناطقة معنيين "بشكل" القضايا والاستنباطات، عوضا عن "محتواها".

لهذا السبب، إذا رغبنا في اعتبار النظرية العلمية نسقا اكسوماتيا، فإن ما لدينا حتى الآن مجرد هيكل لمثل هذه النظرية؛ ثمة حاجة **لتأويل** الحدود الأولية. نسبة إلى أنصار **المبدأين** الأول والثاني، إذا أغفلنا إشكالية **تأويل الأوليات** المنطقية البحتة، تتعين الإشكالية في كيفية تأويل الأوليات التي تعد "ملاحظية" والأوليات التي تعد "نظرية" (على افتراض وجود مثل هذا التمييز، وافتراض اشتمال تلك الأوليات على هذين النوعين). مفاد رؤية **همبل لهذا** التأويل هو أننا نعتبر الحدود "الملاحظية" "مفهومة مبدئيا"؛ ولأنه يجد صعوبة في محاولة فهم الحدود النظرية، فإنه يقر وجوب تأويلها عبر الحدود الملاحظية. ولإنجاز ذلك، فيما يضيف، نقوم بطرح ما يسميه "الجمل المؤولة" أو "القواعد" التي "تربط حدودا بعينها من المفردات النظرية بحدود ملاحظية". على هذا النحو، نحصل على نسق

اكسوماتي مؤول، وتفهم النظرية العلمية على أنها تشكل مثل هذا النسق[13].

من وجهة النظر هذه، يتم رد مسألة العلاقة بين الحدود الملاحظية والحدود النظرية إلى مسألة مدى إمكان ربط الحدود النظرية بحدود ملاحظية عبر مثل تلك القواعد التأويلية. هكذا يرى كارناب على سبيل المثال أن (1) بعض الحدود النظرية لا تربط بالمفردات الملاحظية إلا بتأويلات جزئية تتم عبر جمل رد؛ (2) وبعض الحدود النظرية الأخرى لا تربط إلا بحدود نظرية مغايرة، عبر قواعد صياغة النسق. ثمة أيضا مفاهيم للجمل التأويلية مغايرة لجمل الرد والتعاريف الإجرائية (بمعناه القديم) يناقش همبل (في الجزء 8) بعضا منها ("معجم كامبل" مثلا). في ذلك الجزء، يحاول همبل طرح تحليل عام قابل لأن

---

[13] يمكن، وفق ما يقترح همبل، تشكيل "نظرية (أو "نسق") غير مؤول" جدا تتكون مبادئه من مبادئ النسق غير المؤول، فضلا عن القواعد التأويلية.

يتوجب أن نلحظ أن ثمة اتفاقا عاما على أن الصياغات الرياضية الخاص بالنظرية العلمية (بقدر ما تكون غير مؤولة) قابلة لأن تصاغ عبر حدود منطقية (طالما فهمنا "المنطق" بمعنى واسع نسبيا).

ينطـبق علـى كـل أنـواع الجمل التأويلية عبر مفهوم "النسق التأويلي".

بـيد أن مفهوم النظرية العلمية بوصفها نسقا اكسوماتيا غـير مؤول ينتقد لكونه أضيق مما يجب، بل حتى لكونه يشوه الطبيعة الحقّة للنظرية العلمية،وهذه انتقادات سوف نعنى بقبيلها عما قليل.

8.شبه القانونية والاشتراطات الفرضية

يشـكل مفهوم "القانون الطبيعي"، شأن مفهوم "النظرية العلمية"، مناط جدل بين مؤلفي هذه المختارات. سوف نلمح هنا إلى إحدى المشاكل الأساسية التي تواجه أية محاولة للتعامل مع ذلك المفهوم توظف تقنيات المنطق الحديث.

وفـق الـرؤية التي تركن إلى تحليل هيوم للسببية، فإن القوانيـن مجرد تعميمات مؤسسة على ارتباط ثابت بين خبرات سـابقة بعينـها؛ وفـق ذلـك التحليل، ليس ثمة عنصر مغاير "للشـمولية"، مـن قبـيل "الضرورة"، تقره أية صياغة للقانون العلمـي. الاعـتراض الأساسي الذي يوجه باستمرار إلى هذه الـرؤية مفـاده أنها تخفق في التمييز بين التعميمات العارضة

والجمل شبه القانونية. (التعبير "جملة شبه قانونية" لا يشير فحسب إلى القوانين، بل يشير أيضا إلى الجمل التي حسبنا أنها قوانين ثم اتضح بطلانها.) فعلى سبيل المثال، يفشل التحليل الهيومي في ملاحظة أي اختلاف بين الجملتين "كل قطع السكر الموجودة في هذه الحجرة قابلة للذوبان في الماء" (وهي جملة شبه قانونية) و"كل الأشخاص الموجودين في هذه الحجرة يرتدون جوارب خضراء اللون" (وهي تعميم عارض أو مصادفة). سوف يتم دحض وجهة نظر هيوم، فيما يقر أصحاب هذا الاعتراض، بمجرد أن نتمكن من عقد هذا التمييز.

ولكن كيف يتسنى أصلا عقد هذا التمييز؟ بكلمات أخرى، على اعتبار أن الجمل شبه القانونية والتعميمات العارضة تتخذ الشكل "كل S هو P" (أو صياغة أكثر تركيبا لجملة كلية)، ما الخصائص الإضافية التي تميز الجمل شبه القانونية عن الجمل الكلية التي ليست شبه قانونية؟ ثمة اقتراح يقر أن القضايا شبه القانونية قادرة على دعم "اشتراطات فرضية"، في حين تعجز التعميمات العارضة عن القيام بذلك. (الاشتراط الفرضي جملة تتخذ الصياغة " لو حدثت S (التي

تخالف ما حدث)، لحدثت p". لاحظ أن هذه الجملة تتخذ صياغة افتراضية). فمثلا، الجملة "كل قطع السكر التي توضع في الماء تذوب" تدعم الجملة "لو وضعت قطعة السكر هذه في الماء (لكنها لم توضع)، لذابت". في المقابل، فإن الجملة "كل الأشخاص الموجودين في هذه الحجرة يرتدون جوارب خضراء" لا تدعم الاشتراط الفرضي المناظر، "لو كان جونز (الذي لا يوجد في هذه الحجرة) موجودا فيها، لكان مرتديا جوربا أخضر". ذلك أن تلك الجملة تتسق أيضا مع الاشتراط الفرضي "لو كان جونز في هذه الحجرة، لبطل القول بأن كل من فيها يرتدي جوربا أخضر اللون".

تكمن الإشكالية في محاولة توضيح مفهوم الاشتراط الفرضي؛ الواقع أن النجاح لم يقدر حتى الآن لأي من المحاولات التي بذلت في تحليلها. وعلى وجه الخصوص، لا سبيل لتأويلها، على الأقل بأية طريقة مباشرة، عبر المفهوم المنطقي العادي للتعبير "إذا..فـ.."، فمقدمة الاشتراط الفرضي باطلة دوما، ما يلزمنا بإقرار صدق كل الاشتراطات الفرضية حتى حال كون بعضها يناقض بعضا آخر منها. ولكن، وكما

سبق أن لاحظنا، ليس هناك تأويل مغاير واضح لذلك الرابط متوفر لدينا. من جهة أخرى، فإن المحاولات التي احتفظت بالدلالة المنطقية لذلك التعبير، وحاولت الكشف عن سبيل لتجنب الصعوبات آنفة الذكر، وجدت نفسها مضطرة، في تحليلها لمفهوم الاشتراط الفرضي، إلى افتراض ذات مفهوم شبه القانونية الذي كان يفترض أن يتم تحليله بالإشارة إلى تلك الاشتراطات، ما يعني أنها تقع في دائرة مفرغة. ثمة محاولات أخرى لتحديد الفروق التي تميز ين التعميمات شبه القانونية والتعميمات العارضة يناقشها آرثر باب في مقاله المضمن في هذه المختارات.

9.التفسير ودور النماذج

مفهوم همبل للتفسير العلمي رؤية أخرى توضح التطبيق السائد للمنطق الرياضي على إشكاليات فلسفة العلم. التفسير عنده قد يكون استنباطيا أو إحصائيا، لكننا سوف نقتصر هنا على نقاش التفسير الاستنباطي. يقول همبل "ثمة قاسم مشترك بين حالات التفسير العلمي والتنبؤ العلمي بضربيه القبلي (أي قبل وقوع الحدث) والبعدي (أي بعد وقوعه) يتعين في

كونهـــا تثبـــت إمكان اشتقاق الحقيقة موضع الاعتبار من حقائق أخـــرى بعينها عبر قوانين عامة محددة". هكذا يتم تفسير الجملة E (اســـتنباطيا) إذا وفقط إذا تم اشتقاقها من مجموعة من الجمل تشـــتمل علـــى (1) فئة L من القوانين العامة، و(2) فئة C من الجمل الواقعية التي تشير إلى "شروط ابتدائية". (لاحظ أن تحليل همـــبل يرتهن بتحليل مسبق لمفهوم "القانون"، فالتفسير محتم أن يشتمل على قانون). وبالعكس، لو تم تفسير E عبر L و C، لتم التنبؤ (بعديا أو قبليا) بـــE حال الحصول على L و C (والعكس بـــالعكس). فمثلا، الجملة "الجسم الذي أضع في هذا السائل في الوقـــت t (حيث تشير t إلى وقت ماض أو حاضر أو مستقبلي) تـــذوب" تُفسَّر عبر اشتقاقها من (ويمكن التنبؤ بها قبليا أو بعديا وفق) (1) القانون العام "كل قطع السكر تذوب في الماء" و (2) جمـــل الشروط الابتدائية، "الجسم الذي أضع في هذا السائل في الوقت t قطعة سكر"، و"السائل المعني ماء".

ثمـــة اعتراضـــات عديـــدة وجهت ضد هذه الرؤية في التفســـير، حـــتى حال قصرها على التفسير العلمي وعدم الزعم بكونها تحليلا عاما لمفهوم "التفسير". تنتمي معظم الانتقادات إلى

إحـــدى الطوائـــف الثلاث التالية: (1) اعتراضات ضد التماثلية المزعومة بين التفسير والتنبؤ[14]؛ (2) اعتراضات تقر أنه ليست كـــل حالات الاستنباط من قوانين عامة وجمل الشروط الابتدائية تشكل تفسيرات (الواقع أن دوهيم يزعم أن النظريات الفيزيائية ليســـت تفسيرات إطلاقا)؛ (3) اعتراضات مفادها أنه ليست كل حـــالات التفسير حالات استنباط من قوانين عامة وجمل شروط ابتدائـــية. ســـوف نعتبر فحسب مثالا على هذا النمط الأخير من الاعتراضـــات، أعني المحاجة على وجود نوع من التفسير، يتم عبر "النماذج"، لا يمتثل لشروط همبل، على سواده في العلوم.

لا ريـــب أن العلمـــاء غالـــبا ما يشيرون إلى تفسيرات "نماذجـــية". مـــثال ذلـــك تفســـير القوانين الكيميائية في النسب التركيبـــية عبر النموذج الذري؛ تفسير توزيع الخطوط الطيفية

---

[14] معظـــم أجـــزاء كـــتاب تولمـــن "التكهـــن والتنـــبؤ" (Foresight and Prediction) عـــبارة عـــن هجوم ضد "الرؤية التنبئية في التفسير". غير أن تولمن، في المقالة التي تشتمل عليها هذه المختارات، أكثر عناية بتطوير رؤيته الخاصة في التفسير. إنـــه يلفـــت الانتـــباه إلـــى الســـبل التي تحدد وفقها "مُثل النظام الطبيعي" ما يعد "عاديا" و"ظاهرتـــيا" بحيث يستدعي تفسيرا: "إن سبب أو تفسير الحدث يكون موضع تساؤل (أي يصبح الحدث ظاهرة) حين يبدو أنه ينحرف عن هذا المسار المعتاد".

عــبر نمــوذج بوهــر الكوكبي للذرة؛ تفسير أنماط الحيود عبر الــنموذج الموجي للضوء. ولكن هل تعد "التفسيرات" النماذجية تفســيرية حقــيقة؟ وهل تعد النماذج عناصر أساسية أصلا في الــنظرية العلمية؟ يقر البعض، خصوصا دوهيم، أن النماذج لا تقــوم إلا بوظيفة سيكولوجية في العلم: إنها دعامات ذهنية تفيد مــنها العقــول الضــعيفة فـــي محاولتها تجسيد مفاد المعادلات الرياضــية، التــي تشكل جوهر العلم. إنها لا تعد "تفسيرية" إلا بمعــنى أنهــا تجعل مثل هذه العقول الضعيفة تشعر بالألفة مع رياضيات النظرية المحكمة، التي لا تشكل النماذج نسبة إليها أية أهمية. النماذج عند دوهيم ليست حتى وصفية، فالنموذج الذري لا يمــثل حقــيقة مــا يكمن خلف مشاهد الاتحاد الكيميائي. أما بالنسبة لتحليل النظريات العلمية بوصفها أنساقا اكسوماتية مؤولة (انظــر أعـــلاه، الجــزء 7)، فإنه لا يذكر النماذج حتى مجرد الذكر؛ ويستطيع نصير ذلك التحليل أن يقر على نحو متسق أنه بصـــرف النظر عن القيمة التفسيرية الحقيقية التي ينطوي عليها الــنموذج، فإنهــا مســتنفدة من قبل المنطق والرياضيات التي يعكســهما النموذج، وأن النموذج بوصفه صورة متخيلة للكيفية

التـــي تكـــون عليها الأشياء حقيقة، لا "يفسر" إلا بالمعنى الذي تعوزه الأهمية المتعلق بجعل الأشياء مألوفة.

ولكـــن هـــل تمثل هذه الرؤى بشكل صحيح الدور الذي قامـــت بـــه النماذج، وربما يتعين أن تقوم به، في تطور وبنية العلـــم؟ تعـــبر مقالـــة ماري هس عن إحدى المحاولات العديدة لطـــرح تقويم محكم لمختلف معاني كلمة "نموذج" وللمهام التي يقـــوم بها في العلم. لا ريب أن لنتائج مثل هذه التحليلات علاقة وثـــيقة لـــيس فحسب بسلامة الرؤية الهمبلية للتفسير، بل أيضا بســـلامة وجهة النظر التي تقر أن النظريات العلمية تعد أنساقا اكسوماتية مؤولة.

10.الاستقراء والبساطة

إذا تـــم قـــبول التمييز بين "النظري" و"الملاحظي" وتم توضـــيحه، سوف تستثار إشكاليات أخرى تختص بكيف تتعلق الحقائق الملاحظية على وجه الضبط بقابلية الجمل العلمية للقبول أو عـــدم قابليتها له[15]. غالبا ما يقال إن الشاهد الامبيريقي "يدل

---

[15] بخصـــوص هذه المسائل، ثمة مبادئ يمكن صياغتها تناظر إلى حد قريب المبدأيـــن الأوليـــن الخاصـــين بالعلاقـــات القائمـــة بين معاني الحدود النظرية والحدود

علـــى" (أو "يدحض") القوانين العلمية أو النظريات، كما يقال إن التدلـــيل يتوقف على درجة الدعم التي تقدمها الشواهد. غير أن التأويل الدقيق لكلمة "تدليل"، وللشروط التي يؤثر الشاهد الجديد بمقتضـــاها في درجة التدليل، فضلا عن المدى الذي يمكن وفقه قياس هذه الدرجة كميا، مسائل أبعد ما تكون عن الحسم النهائي. وعلـــى وجـــه الخصوص، نسبة إلى مسألة ما إذا كان بالإمكان قـــياس درجة التدليل كميا، ينحو تحليل مفهوم "الاحتمال" صوب شـــغل مركز الصدارة، إذ يبدو لأول وهلة أن لنا أن نفترض أن الدرجة التي يتم وفقها التدليل على الفرض العلمي تشكل احتمال صـــدقه وفـــق الشـــواهد المـــتوفرة. مقالة كارناب تناقش هذه المواضـــيع، كمـــا تقترح تحليلات أخرى لمفهوم "الاحتمال" لا ترتـــبط بمفهـــوم "درجـــة التدليل"، بل تتعلق بما يسميه كارناب "الاحتمال$_2$" (مقالة كارناب، الجزء II).

ويذهـــب إلـــى أن الوظيفة المهمة التي تؤديها الحقائق الامبيريقـــية نســـبة إلـــى القوانين والنظريات العلمية لا تتعلق

الملاحظـــية. يمكـــن أيضا أن يصاغ مبدأ (أو مجموعة من المبادئ البديلة) يناظر المبدأ الثالث، غير أن هناك صعوبات خاصة يثيرها هذا الأمر.

بالتدليل بل بالدحض. مقالة كون نقد للرؤيتين التدليلية والدحضية في قبول تلك النظريات والقوانين، فضلا عن الرؤية الإجرائية. أيضا ثمة من يرتئي (دوهيم وكون مثلا، راجع المختارات) أنه ليست هناك تجربة أو شاهد ملاحظي يعد "حاسما" في سياق دحض أية جملة علمية مفردة ـ فهناك باستمرار بدائل متعددة يمكن تبنيها في وجه الشواهد المضادة. يناظر هذا المذهب، المتعلق باستحالة التجارب الحاسمة نسبة إلى رفض أو دحض القوانين والنظريات، المذهب مفاده قابلية أية مجموعة من الحقائق الامبيريقية لأن تفسر من قبل (أي يمكن أن تدل على) أكثر من نظرية أو قانون (وربما عدد لا متناه منها). تثير مثل هذه المذاهب إشكاليات أخرى؛ إذا كانت هناك أكثر من نظرية تلائم الحقائق (بحيث تدل عليها الحقائق بنفس القدر)، فكيف يتسنى التخير بينها؟ يركن أحد المقترحات المثيرة للجدل إلى اعتبارات "البساطة"، غير أن معنى "البساطة" الدقيق الذي يتعلق بعملية التخير مُشكل بدوره. مقالة رتشارد ردنر تلمح إلى عدد من مفاهيم "البساطة" المختلفة وإلى المشاكل التي تثيرها.

11.المنطق وتاريخ العلم

قمـــنا بمراجعة بعض الإشكاليات الأساسية التي تناقشها مختاراتـــنا، ورأينا على وجه الخصوص كيف حاول المفكرون، الذين يقاربون فلسفة العلم عبر توظيف المنطق الرياضي بوصفه نموذجا وأداة للتحليل، معالجة تلك الإشكاليات. وقفنا أيضا على بعـــض الانـــتقادات التي تعرضت لها مذاهبهم. على ذلك شعر بعـــض الفلاسفة أن الصعوبات التي تواجهها تلك المذاهب تنفذ إلـــى أعماق أكثر غورا، كونها تنشأ عن استخدام مفرط لأفكار وتقنـــيات منطقـــية. ذلك أنه يبدو ممكنا، على سبيل المثال، أن وجهـــة النظر التي تقر كون النظريات العلمية أنساقا اكسومانية مؤولـــة قـــد أعمت أبصار أشياعها عن كثير من الوظائف التي تقـــوم بهـــا تلك النظريات وتؤديها مكوناتها. الحال أن المعالجة المنطقـــية للعلـــم إنمـــا تقتصر على تحليل النظريات التي بلغت طورا متقدما من التطور تعين عليها بلوغه قبل أن تكون جاهزة لفعل الاكسمة، ما يعني أنه تم إغفال كثير من الأسباب الوجيهة التـــي نجـــم عـــنها ذلك الطور المتقدم. جزء من مسؤولية ذلك الإغفال تطال وجهة النظر ــ التي تمثل شعارا عند "الامبيريقية المنطقـــية" ــ والتي تقر أنه ليس هناك منطق للاكتشاف". هذا

حكم صحيح وفق بعض الدلالات، إذ ليس بمقدورنا أن نستعيض بالمنطق عن العبقرية. غير أنه من غير المرجح أننا لن نفيد، في محاولتنا فهم ماهية العلم ووظائفه، من دراسة العمليات التي يتم عبرها اختيار النظريات والقوانين العلمية وتنقيحها إلى أن تبلغ الطور الذي تشرع عنده الامبيريقية المنطقية في معالجتها. إن هذا يفسر اهتمام كتاب من أمثال ماري هس، وكون، وتولمن (وقبلهم دوهيم بوقت طويل) بتاريخ العلم. ذلك أنه من المتوقع أن تقوم دراسة ذلك التاريخ ليس فقط بكشف النقاب عن أسباب سيكولوجية وسوسيولوجية "تعوزها الأهمية"، بل قد تنجح أيضا في إماطة اللثام عن أسباب وجيهة تتعلق بالتطور العلمي.

مرة أخرى، حتى النظريات العلمية التي حققت قدرا كبيرا من التطور وشكلت موضع عناية النهج الاكسوماتي قد يساء تناولها حين ينظر إليها بوصفها مجرد أنساق اكسوماتية مؤولة. ذلك أن المناطقة يتعاملون مع النظريات العلمية ومكوناتها على اعتبار أنها ستاتيكية جامدة ومقولبة في أطر منطقية. غير أنه قد تكون هناك وظائف أكثر "ديناميكية" ينزع ذلك النهج نحو التغاضي عنها. هكذا تقترح هس أن النماذج

توظـــف عبر التطور التاريخي للعلم بحيث تقترح للعلماء سبلا جديـــدة للبحث، كما يزعم تولمن وكون أن "مُثل النظام الطبيعي" أو "النماذج المثلى" تقوم بدور ليس فقط في تحديد نوع المشاكل التـــي تســـتثير اهتمام العلماء، بل حتى في تحديد معايير لحلها ولطبيعة الحقائق التي يداولها العلم.

الأسوأ من ذلك، وفق رؤية أولئك النقاد، حتى حين يقوم الـــنهج الاكسوماتي بلفت الانتباه إلى بعض العلاقات القائمة بين النظريات العلمية ومكوناتها، قد يكون قام بطرح صورة مشوهة عـــن طبـــيعة تلك الإنجازات. هكذا يقر كون، في معرض نقده للـــرؤى الإجرائـــية، والتحققـــية، والدحضية، في قبول ورفض الـــنظرية العلمية، أنها أساءت تأويل الدور الذي تقوم به الحقيقة التجريبـــية فـــي العلم. في الآونة الأخيرة، شرع بعض أنصار النهج "الامبيريقي المنطقي" في الاعتراف بأن معالجتهم للنظرية العلمية مجرد وصف لأوضاع "مثالية"؛ بيد أن هذا يتضمن فيما يـــبدو إقـــرارا مفاده أن ما نحتاجه هو فحص الفروق التي تميز الـــنظريات العلمية عن الأنساق المؤولة، فضلا عن السبل التي أثر بها إغفال تلك **الفروق** بشكل سلبي في بعض تأويلات العلم.

لقد شعر عدد كبير من النقاد بأن التركيز على الجوانب المنطقــية قد جعل كثيرا من النقاشات الامبيريقية المنطقية تبدو غريــبة عــن العلــم. الصفحات تلو الأخرى قد تهدر دون ذكر وجهــات نظر علمية، (إذا لا يفترض أن أولئك الفلاسفة معنيون أساســا بأيــة وجهات نظر علمية فعلية)، وحين يأتي ذكرها في نهاية المطاف، فإنها تسرد بوصفها أمثلة توضح، وفق ما يستبان مــن الــنقاش، نــتائج تــم الخلاص إليها عبر براهين المنطق الرياضــي الاصــطلاحية الصــرفة، عوضا عن فحص حالات علمية عينية. لا غرو إذن أن تكون تلك النقاشات موضع ريبة. هكذا تنامى استشعار الحاجة إلى فحص أكثر دقة للتطور العلمي والممارســة العلمــية الفعليــن، وللمهام التي تقوم بها الحدود والجمل عبر استخدامها الواقعي في العلم، وللجوانب التي تتغير فــيها تلك الوظائف أو تبقى على حالها إبان تطور هذا النشاط. إن هــذا إنمــا يعنــي عودة إلى فحص "محتوى" العلم، ومعاينة السبل التي يكون فيها استخدام حدود من قبيل "المكان"، والزمان والتفســير والســبب"، و"القــانون"، التي تستعمل في النظريات العلمــية أو فــي الحديــث عنها، متشابها أو مختلفا في سياقات

مختلفة، فضلا عن التعرف على الكيفية التي تتشابه وفقها تلك الاستخدامات، أو تختلف، مع استخدامات الحدود المناظرة في سياقات (غير علمية) أكثر عادية[16].

ومن المؤكد أنه حتى إذا اتضحت صحة هذه الافتراضات، فإنه يتوجب ألا تعتبر نصحا بالتخلي كلية عن مشاكل ومناهج ونتائج النهج الامبيريقي المنطقي بوصفها عديمة الجدوى. لقد تمكن أولئك الفلاسفة، كما أوضحنا، من جعل الكثير من القضايا دقيقة إلى حد ملفت للنظر. كما أنه يصعب العثور على بدائل واعدة لتأويلاتهم. ليس ثمة ضمان يكفل التخلص من كل الصعوبات التي واجهتهم، أو من أي منها، عبر تجاوز استخدام التقنيات المنطقية بالطرق سالفة الذكر. بيد أن ثمة آمالا أكبر تنعقد على اقتدار مثل هذه المناهج الجديدة

---

[16] يتوجب ألا نفترض أن فلسفة العلم في القرن العشرين، حتى ضمن الموروث الامبيريقي المنطقي، لم تعرف مثل هذا النوع من الفحص. ثمة جدل يصنف عادة بأنه "فلسفي" أثير فيما يتعلق بقضايا "المحتوى" ـ مناهج ونتائج علوم خاصة (مثل النسبية، ميكانيكا الكم، والتحليل النفسي). غير أن هذا الجدل كان سيطر عليه نهج يركز على التحليل المنطقي وينحو صوب إغفال التطور التاريخي.

والأكثر رحابة على الكشف على أقل تقدير عن سمات يتسم بها العلم يبدو أن المعالجة المنطقية قد عملت على التغاضي عنها.

الجزء الأول

مقاربات منطقية

مأزق المنظِّر: دراسة في منطق تشكيل النظرية[17]

كارل همبل

درس كارل ج. همبل في جوتنجن، هايدلبرج، فينا، وبرلين، حيث حصل على درجة الدكتوراه عام 1934. قام بالتدريس في شيكاجو، كلية المدينة في نيويورك، كلية الملكات، ييل، وهارفارد، وهو الآن أستاذ كرسي ستيوارت للفلسفة في جامعة برنستون. من ضمن أهم أعماله نذكر

[17] From Carl G. Hempel, "The Theoretical Dilemma" in Minnesota Studies in the Philosophy of Science, Vol. III, edited by H. Feigl Michael Scriven, and Grover Maxwell, pp. 37-47, 67-78, 87. University of Minnesola press Copyright 1958 by the University of Minnesota.

"أسس تشكيل المفاهيم في العلم الامبيريقي"، دراسات في منطق التدليل"، التفسير الناموسي_الاستنباطي في مقابل التفسير الإحصائي"،كما قام صحبة بول اوبنهايم) بـتأليف مبحث تحت عنوان "دراسات في منطق التفسير".

Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science,; "Studies in the Logic of Confirmation" (Mind, 1945); "Deductive-Nomological vs. Statistical Explanation" (Minnesota Studies in the Philosophy of Science, Vol. III, edited by H. Feigl and G. Maxwell); and (with Paul Oppenheim) "Studies in the Logic of Explanation") Philosophy of Science, 1948).

1.الأنسقة الاستنباطية والأنسقة الاستقرائية

ثمـة قاسـم مشترك بين حالات التفسير العلمي والتنبؤ العلمـي (بضربيه القبلي والبعدي) يتعين في كونها تثبت إمكان اشـتقاق الحقـيقة موضع الاعتبار من حقائق أخرى بعينها عبر قوانين عامة محددة. في أبسط الحالات يمكن صياغة هذا النوع من البرهنة بوصفه استدلالا استنباطيا على النحو التالي:

$$\frac{\begin{array}{l} C_1, C_2 \ldots C_k \\ L_1, L_2 \ldots L_r \end{array}}{E}$$

حيث $C_1,C_2...C_k$ جمل تقر وقائع بعينها (مواضع وزخوم أجسام سماوية بعينها في وقت محدد مثلا)، و $L_1,L_2...L_r$ قوانين عامة (مثل قوانين الميكانيكا النيوتونية)، وأخيرا، E جملة تقر ما يتم تفسيره أو التنبؤ به قبليا أو بعديا. وبالطبع، فإن هذا البرهان لا يحقق غايته المقصودة إلا إذا كانت نتيجته E مستلزمة استنباطيا من المقدمات...

سوف نستخدم التعبير السائد "أنسقة (استنباطية)" للإشارة إلى هذه الأنماط الثلاثة من الإجراءات العلمية. بكلمات أدق، سوف نستعمل هذا التعبير للإشارة إلى أي برهان يتخذ الصياغة (1.1) ويستوفي الشروط الآنفة الذكر، بصرف النظر عما إذا كان وظف في التفسير أو التنبؤ القبلي أو البعدي. أيضا سوف نستخدمه للإشارة إلى الإجراء المتعلق بإثبات براهين من النوع الذي يتخذ تلك الصياغة.

لم نعن حتى الآن إلا بحالات التفسير والتنبؤ والإجراءات التي يمكن اعتبارها براهين استنباطية. غير أن هناك حالات كثيرة للتفسير والتنبؤ لا تنتمي إلى النمط الاستنباطي بمعناه الدقيق. فمثلا، حين يصاب جوني بالحصباء،

قـد تفسـر إصابته بالإشارة إلى أنه أخذ عدواها من أخته التي شـفيت لتوها منها. الوقائع الابتدائية الخاصة بهذا السياق تتعين فـي تعرض جوني لذلك المرض، فضلا عن كونه، فيما سوف نفـترض، لـم يصب بالحصباء في أي وقت مضى. بيد أننا لا نسـتطيع، لربط تينك الحقيقتين بالحقيقة المراد تفسيرها، طرح قـانون عام مفاده أن الحصباء تنتقل بشكل ثابت، في الظروف التي تم تحديدها، إلى الشخص الذي يتعرض لها. الواقع أن مبلغ ما يتسنى لنا تقريره هو كون احتمال انتقالها عاليا (وفق المعنى المـراد مـن التكرار الإحصائي). وكذا الشأن نسبة إلى التنبؤ (بنوعيه) بحدوث إصابة بذلك المرض...

تختلف هذه التفسيرات والتنبؤات عن سالفتها في أمرين مهميـن: القوانيـن المسـتثارة تنتمي إلى نمط مخالف، والجمل المقصـود إثباتها ليست مستلزمة استنباطيا من الجمل التفسيرية المطروحة. سوف نعنى بهذين الأمرين على نحو أكثر تفصيلا.

القوانين المشار إليها فيما يخص الصياغة (1.1)، قوانين الميكانـيكا النيوتونية على سبيل المثال، تتخذ **شكلا كليا** أو تعد **جمـلا كلـية بالمعنى الدقيق**. الجملة منها إقرار، قد يصدق أو

يبطل، مفاده أن كل الحالات التي تستوفي شروطا محددة بعينها سوف تختص دون استثناء بخصائص أخرى...

كـي نختصـر النقاش، نقول إن الجملة الكلية تتخذ في أبسط صورها الصياغة "كل حالات P حالات لـ Q"، في حين تتخذ الجملة الإحصائية الاحتمالية في أبسط صورها الصياغة "احتمال أن تكون كل حالات P حالات لـ Q هو r". وبينما تستلزم الأولى إقرارا يتعلق بكل حالة من حالات P، مفاده أنها حالة من حالات Q، فإن الثانية لا تستلزم إقرارا حول كل حالات P، بل إنها لا تستلزم حتى إقرار بخصوص أية فئة متناهية من تلك الحالات. الخاصية المميزة الثانية تلزم عن هذا الوضع. الجملة E التي تصف حدثا يشكل موضعا للتفسير أو التنبؤ (مثال إصابة جوني بالحصباء) ليست قابلة لأن تستنبط استنباطيا من الجمل التفسيرية المطروحة (مثال تعرض جوني للحصباء وعدم تعرضه مسبقا لها، والقانون الذي يقر أن احتمال إصابة من لم تسبق له الإصابة بهذا المرض هو 0.92). عوضا عن ذلك، وعلى افتراض صدق الجمل التفسيرية المطروحة، فإن ما يمكن اشتقاقه هو أنه من المرجح أن تصدق E، رغم أن

صدقها ليس يقينيا. لهذا السبب لا يعد هذا البرهان استنباطيا بل استقرائيا. إنه يستدعي قبول E تأسيسا على جمل أخرى لا تشكل ســـوى أساس جزئي، رغم أنها تشكل دعما قويا، لصحتها. مثل هـــذا البرهان، بصرف النظر عن الغاية من استخدامه (تفسيرية كانـــت أم تنبئية أو خلاف ذلك) يسمى **أنسقة استقرائية**. وعلى وجه الخصوص، سوف نفترض بخصوص مثل هذه الأنسقة أن النتـــيجة لا تلزم منطقيا من المقدمات. وعلى نحو مماثل، سوف نســـتخدم هذا التعبير للإشارة إلى الإجراء المتعلق بدعم براهين من هذا القبيل...

ثمـــة قاسم مشترك بين كل حالات الأنسقة العلمية سالفة الذكـــر، يتعيـــن في كونها تستخدم قوانين أو مبادئ عامة ذات صياغة كلية أو إحصائية. توظف هذه القوانين في تعزيز روابط منـــتظمة بيـــن حقـــائق امبيريقـــية يتسنى عبرها اشتقاق بعض الحـــوادث الامبيريقـــية، بغـــية التفسير أو التنبؤ، من مثل تلك الحقائق. حين نقر في معرض التفسير أن الحدث الذي تصفه E "يســـبب" توفر الظروف التي تفصل $C_1,C_2...C_k$ في أمرها، فإن هذه العبارة تحتاز على أهمية طالما أُولت على اعتبار أنها تشير

إلـــى قوانيـــن عامـــة تجعل $C_1,C_2...C_k$ متعلقة بـــ E، بمعنى أن $C_1,C_2...C_k$ (علـــى فـــرض صـــحتها) تحـــتم يقيـــنا صـــدق E (كمـــا في حال الأنسقة الاستنباطية) أو تجعله محتملا استقرائيا (كمـــا هو الحال في الأنسقة الاستقرائية). هذا على وجه الضبط مـــا يجعـــل عملـــية تعزيـــز قوانين عامة أمرا مهما في العلوم الامبيريقية.

2.الكينونات الملاحظية والكينونات النظرية

تستهدف الأنسقة العلمية في نهاية المطاف دعم الانتظام التفســـيري والتنبـــي ضمن معطيات الخبرة الغاية في التعقيد، ايالظواهـــر التي يمكن "ملاحظتها" مباشرة من قبلنا. لذا فإنه من الملفت للنظر أن التقدم الهائل الذي تم إحرازه في الأنسقة العلمية لـــم ينجز عبر قوانين تشير صراحة إلى ما **يمكن ملاحظته**، أي إلى أشياء احدث يمكن التحقق منها عبر الملاحظة المباشرة، بل عبر قوانين تتحدث عن مختلف **الكينونات الفرضية** أو **النظرية**، أي أشياء وحوادث وخصائص مفترضة لا يمكن لنا إدراكها أو ملاحظتها **بطريقة** مباشرة أو بأية طريقة أخرى.

للتفصيل في هذا الأمر، من المفيد أن نشير إلى تمييز نألفه بين مستويين من مستويات الأنسقة العلمية، مستوى **التعميم الامبيريقي**، ومستوى تشكيل النظرية. عادة ما تنتمي مراحل تطور المجال العلمي المبكرة إلى المستوى الأول، الذي يتميز بالبحث عن قوانين كلية أو احتمالية تدعم قيام روابط بين الجوانب الملاحظة مباشرة من موضوع الدراسة. أما المراحل الأكثر تطورا فتنتمي إلى المستوى الثاني، حيث يتغي البحث الحصول على قوانين شمولية، عبر كينونات فرضية، تفسر التواترات التي سلف دعمها في المستوى الأول. في المستوى الأول نجد تعميمات مادية يومية من قبيل "حيثما يوجد ضوء، ثمة حرارة"، "يصدأ النحاس في الهواء الرطب"، و"يطفو الخشب فوق الماء ويغوص النحاس فيه"؛ لكننا قد نعزو إلى هذا المستوى قوانين كمية أكثر دقة من قبيل قوانين جاليلو، وكبلر، وهوك، وسنيل، فضلا عن تعميمات تتعلق بالحيوان أو النبات تختص بارتباطات ملازمة لخصائص تشريحية ومادية ووظيفية وخلافها تستبان في الفصيلة موضع البحث؛ كما نجد تعميمات في علم النفس تقر ارتباطات بين جوانب ملاحظية مختلفة من

عمليات التعلم والإدراك وغيرها وتعميمات وصفية مختلفة في علوم الاقتصاد والاجتماع والإنسان وكل هذه التعميمات سواء اكانت كلية أم إحصائية تستهدف التعبير عن ارتباطات منتظمة بين الظواهر الملاحظة مباشرة، بحيث تكون مهيأة للتوظيف التفسيري والتنبئي.

في المستوى الثاني نصادف جملا عامة تشير إلى مجالات كهربية أو مغناطيسة أو جاذبية، وأخرى تشير إلى الجزيئات والذرات ومختلف الجسيمات دون الذرية، فضلا عن الأنا، الإد، الأنا الأعلى، الليبدو، التسامي، التثبيت، التحويل، أو تشير إلى مختلف الكينونات غير القابلة للملاحظة التي تثار في نظريات التعلم الحديثة.

سوف نفترض وفق هذا التمييز أن مفردات العلم الطبيعي (ما بعد المنطقية) تنقسم إلى فئتين: **حدود ملاحظية وأخرى نظرية**. في حالة الحد الملاحظي، يمكن في ظروف مناسبة أن نقرر وفق الملاحظة المباشرة ما إذا كان يسري على موقف بعينه. بالمقدور تفسير الملاحظة هنا بشكل واسع بحيث لا تشتمل فحسب على الإدراك بل تتضمن أيضا الإحساس

والاستبطان. ولنا أيضا قصرها على إدراك ما يمكن من حيث المبدأ التحقق منه علنيا، بحيث يكون قابلا لأن يدرك بواسطة الآخرين. غير أن النقاش التالي لن يرتهن بسعة المدى الذي يتم عبره تأويل الملاحظة...

في المقابل، عادة ما تستهدف الحدود النظرية الإشارة إلى كينونات غير قابلة لأن تلحظ مباشرة، وهي توظف بطريقة سوف نناقشها في النظريات العلمية التي تعمل على تفسير تعميمات امبيريقية.

بيّن أن تحديد ذينك النوعين من المفردات يظل غامضا، كونه لا يطرح معيارا دقيقا يمكن عبره حسم أو تصنيف كل حد علمي بوصفه ملاحظيا أو نظريا. بيد أنه لا مدعاة لمثل هذا المعيار الدقيق، فالمسائل التي نفحصها في هذه الدراسة لا تتوقف على الموضع الذي يتم فيه على وجه الضبط رسم الحدود الفاصلة بين الحدود الملاحظية والمفردات النظرية..

3.ما الحاجة إلى حدود نظرية؟

يثير استخدام الحدود النظرية في العلم إشكالية معقدة: ما الذي يجعل العلم يركن إلى كينونات فرضية طالما أنه معني

بدعم ارتباطات تنبئية وتفسيرية بين أشياء قابلة للملاحظة؟ أما كان يكفي لتحقيق مقاصد العلم أن نبحث عن نسق من القوانين العامة لا يأتي على ذكر سوى ما يمكن ملاحظته، بحيث يتم التعبير عنه بمفردات ملاحظية صرفة؟ أليس في هذا نوع من الاقتصاد؟

الواقع أنه تمت صياغة الكثير من الجمل العامة عبر ما يمكن ملاحظته، وهي تشكل التعميمات الامبيريقية سالفة الذكر. بيد أن المحير هو أن كثيرا منها، إن لم تكن كلها، تعاني من قصور محدد: فعادة ما يكون مجال التطبيق ضيقا نسبيا، وحتى ضمن هذا المجال الضيق، ثمة استثناءات تواجهها، ما يعني أنها ليست جملا عامة صادقة. اعتبر مثلا واحدا من أمثلتنا السابقة على التعميم الامبيريقي:

(3.1) يطفو الخشب فوق الماء ويغوص النحاس فيه.

مجال هذا الجملة ضيق، كونها تشير فحسب إلى الأجسام الخشبية والنحاسية ولا تعنى إلا بسلوكها الطفوي نسبة إلى الماء وحده. الأهم من ذلك هو أن لها استثناءات، فثمة أنواع من

الخشب تغوص في الماء، كما أن النحاس المجوف ذا الأبعاد المناسبة يطفو على الماء.

يوضح تاريخ العلم أنه غالبا ما يكون بالمقدور إصلاح مثل هذا الخلل بأن تعزى إلى الظواهر موضع الدراسة مكونات أو خصائص، ترتبط بطرق محددة بجوانب من موضوع البحث يمكن ملاحظتها، ويمكن من دعم ارتباطات نسقية بين هذه الجوانب. كمثال، نسلم بإمعانه في التبسيط، اعتبر الجملة (3.1). يمكن الحصول على تعميم أفضل عبر مفهوم ثقل الجسم (x) النوعي القابل للتعريف بوصفه حاصل قسمة وزنه على حجمه:

(3.2) $s(x) = w(x) / v(x).$

دعونا نفترض أنه قد تم تحديد كل من w,v إجرائيا، أي عبر نتاجات ملاحظية ناجمة عن القيام بإجراءات قياسية محددة، بحيث يعدان ضمن الأشياء القابلة للملاحظة. هكذا يمكن اعتبار (s)، وفق تحديد (3.2)، خاصية أقل قابلية للملاحظة المباشرة. (s)، وبغية الحصول على مثال توضيحي بسيط، سوف نصنف(s) باعتبارها كينونة فرضية، ونسبة إليها نستطيع إقرار التعميم التالي الذي يعد نتيجة لازمة عن مبدأ أرشميدس:

(3.3) يطفو الجسم فوق السائل إذا كان ثقله النوعي أقل من ثقل السائل النوعي.

تتجنب هذه الجملة كل الاستثناءات التي تدحض (3.1)، فهي تتنبأ بشكل صحيح بسلوك قطع الخشب الثقيلة والكرات النحاسية المجوفة. فضلا عن ذلك، فإن مجالها أوسع، كونها تشير إلى كل أنواع الأجسام الصلبة وتعنى بسلوكها الطفوي نسبة إلى كل السوائل. غير أن هذا التعميم الجديد يعاني من بعض القصور، ما يستدعي المزيد من التعديل. ولكن عوضا عن مواصلة هذا الأمر، دعونا نفحص بشكل أدق الطريقة التي يتم عبرها الحصول على ربط نسقي ضمن الأشياء الملاحظية، في مثالنا عبر القانون (3.3) الذي يتضمن أخذ سبيل غير مباشرة (عطفة) تمر بمجال ما لا يقبل الملاحظة.

هبنا وددنا التنبؤ بما إذا كان جسم بعينه b سوف يطفو فوق السائل l. يتعين بداية التحقق إجرائيا من وزنهما وحجمهما. هبنا أيضا قد عبرنا عن هذه القياسات بالجمل الأربع التالية:

(3.4) $O_1 \quad w(b) = w_1$

$O_2 \quad v(b) = v_1$

$O_3 \quad w(l) = w_2$

$O_4 \quad v(l) = v_2.$

حيـــث w_1,w_2,v_1,v_2 أعـــداد حقيقـــية إيجابية بعينها. نستطيع وفق الـــتعريف (3.2) أن نشتق من (3.4) الثقل النوعي الخاص بكل من b,l:

$$s(b) = w_1 / v_1 \quad (3.5)$$
$$s(l) = w_2 / v_2$$

هـــب أن القـــيمة الأولى أصغر من الثانية، ما يعني أن (3.4) تســـتلزم عبر (3.5) الجملة (3.6) التي تقر أن s(b) أصغر من s(l). باســـتخدام القانون (3.3) نستطيع الآن اشتقاق (3.7) التي تقر أن b تطفو على سطحl. سوف نرمز إلى هذه الجملة الأخيرة بالرمز O_5. هكذا يتضح أن يتم التعبير عن الجمل O_1 _ O_5 بحدود تنتمـــي فحســـب إلـــى مفردات ملاحظية. ذلك أن 'v', 'w'، كما افترضـــنا، حدود ملاحظية، وكذا شان 'b','l' اللتين تشيران إلى أجســـام يمكـــن ملاحظتها. وأخيرا، فإن التعبير "يطفو فوق" حد ملاحظي أو بالمقدور أن نلحظ مباشرة في الظروف المناسبة ما إذا كـــان الجســـم الملاحظي المعطى يطفو فوق سائل ملاحظي معطى آخر. في المقابل، فإن الجمل (3.2)، (3.3)، (3.5)، و(3.6) تشتمل على حدود تنتمي في مثالنا إلى المفردات النظرية.

الـــتحويلات المنتظمة من "المعطيات الملاحظية" الواردة في (3.4) إلى التنبؤ (3.7) بظاهرة يمكن ملاحظتها مبينة في الشكل التالي:

O_1

$\rightarrow \quad s(b) = v_1/w_1$

O_2

$\rightarrow \quad s(b)$ □ $s(l) \rightarrow O_5$

O_3

$\rightarrow \quad s(l) = v_2/w_2$

O_4

التنبؤ عبر ما يمكن ملاحظته	ارتباط منتظم يتم عبر جمل تشير إلى ما لا يقبل الملاحظة	المعطيات موصوفة عبر ما يمكن ملاحظته

(الأســـهم في هذا الشكل تمثل استدلالات استنباطية. حين يشار فوق السهم إلى جملة ما، فهذا يعني أن الاستنباط يتم عبرها، أي أن النتيجة الواردة على اليمين تلزم منطقيا عن المقدمات الواردة علـــى الشمال موصولة بالجملة المذكورة فوق السهم.) لاحظ أن الـــبرهان المطروح يوضح الصياغة (1.1)، حيث O_1_O_4 جمل خاصـــة بحقائق بعينها. وحيث تقر (3.2) و(3.3) قوانين عامة،

في حين تقر O_5 الجملة E المراد تفسيرها أو التنبؤ بها. على هذ
الـــنحو يوظـــف افتراض كينونات لا ملاحظية في تحقيق غاي
الأنســـقة. إنـــه يوفر ارتباطات بين ما يمكن ملاحظته في شكل
قوانيـــن تشتمل على حدود نظرية، وهذه العطفة التي تمر عبر
كينونات فرضية تحقق غايات إيجابية سلف ذكرها.

غـــير أن قليلا من إعمال الفكر يبين أن الكسب الذي ت
تحقـــيقه بتلك العطفة يمكن تحقيقه دون ركون إلى استعمال أ
حـــد نظري. الواقع أنه بالمقدور باستخدام التعريف (3.2) إعاد
صياغة القانون (3.3) على النحو التالي:

(37) يطفـــو الجســـم الصلب فوق السائل إذا كان نات
قسمة وزنه على حجمه أقل من الناتج المناظر نسبة إلى السائل.
إن هـــذا البديل يظل يحافظ على المميزات التي اكتشفناها في
3.3)، والتـــي جعلتنا نفضلها على التعميم الفج (3.1). وبالطبع
فإنه يسمح بالانتقال الاستنباطي من $O_1_O_4$ إلى O_5 بقدر ما تسم
به (3.3) حال وصلها مع (3.2).

مـــن شـــأن هـــذا أن يثير السؤال ما إذا كانت الأنسقة
تحققهـــا مـــبادئ عامـــة تتضمن ضرورة حدودا نظرية، قابل

باستمرار لأن تستنسخ عبر جمل عامة معبر عنها كلية بحدود ملاحظية. للإعداد لفحص هذه الإشكالية المهمة، يتعين أن نقترب أكثر من شكل النظرية العلمية والوظائف التي تسهم في أدائها.

4.بنية النظرية العلمية وتأويلها

من منظور صوري، يمكن اعتبار النظرية العلمية فئة من الجمل التي يعبر عنها بمفردات محددة. فالمفردات V_1 الخاصة بالنظرية T حدود ما بعد منطقية، بمعنى أنها لا تنتمي إلى مفردات المنطق البحت. عادة ما يتم تعريف بعض حدود V عبر حدود أخرى تنتمي إليها، غير أن هذا، درءا للوقوع في حلقة مفرغة، لا يسري على كل حدودها. هكذا نستطيع أن نفترض أن V مقسمة إلى جزأين، **حدود أولية** لا تعريف لها، **وحدود معرّفة**. وعلى نحو مماثل، يمكن اشتقاق كثير من جمل النظرية من الجمل أخرى باستخدام مبادئ المنطق الاستنباطي (فضلا عن تعاريف الحدود المعرّفة)، لكن هذا لا يسري على كل جمل النظرية، وإلا لوقعنا في حلقة مفرغة أو متراجعة لا متناهية. يمكن إذن تقسيم الجمل التي تقرها T إلى فئتين

جزئيتين، **الجمل الأولية** (المصادرات أو المبادئ) **والجمل المشتقة** (أو المبرهنات). سوف نفترض أن النظريات تصاغ في شكل أنساق اكسوماتية توصف هنا عبر قائمة تتكون بداية من الحدود الأولية والحدود المشتقة وتعاريف الحدود المشتقة، ثم المصادرات. أيضا سوف نفترض أن النظرية تصاغ ضمن إطار إسنادي لغوي ذي بنية منطقية بعينها تقوم على وجه الخصوص بتحديد قواعد الاستدلال الاستنباطي...

ما أن يتم تحديد الحدود الأولية والمصادرات الخاصة بالنسق الاكسوماتي، حتى يتسنى إثبات المبرهنات (أي اشتقاق جمل أخرى من الجمل الأولية) عبر قوانين المنطق الاستنباطي الصورية الصرفة، دون إشارة إلى معاني الحدود والجمل المستخدمة. الواقع أنه لا حاجة لتحديد معاني تعبيرات هذا النسق، أولية كانت أم مشتقة.

غير أنه لا سبيل لتوظيف النسق الاستنباطي بوصفه نظرية في العلم الطبيعي ما لم يتم **تأويله** بالإشارة إلى ظواهر امبيريقية. لنا أن ننظر إلى مثل هذا التأويل على اعتبار أنه يتم عبر تحديد مجموعة من **الجمل التأويلية** التي تربط حدودا بعينها

من المفردات النظرية بحدود ملاحظية. سوف نقوم بفحص خصائص هذه الجمل بالتفصيل في الأجزاء التالية، وحسبنا هنا أن نشير كمثال إلى أنه بمقدور الجمل التأويلية أن تتخذ صياغة ما يعرف بالتعاريف الإجرائية، أي الجمل التي تحدد معاني الحدود النظرية بمساعدة حدود ملاحظية. من ضمن هذه التعاريف قواعد تحتاز على أهمية خاصة توظف في قياس المقادير النظرية، وذلك بالإشارة إلى استجابات ملاحظية تقوم بعرضها أدوات قياسية أو مؤشرات أخرى...

5. مأزق المنظر :

يثير هذا التصور لوظيفة النظرية ذات الإشكالية التي سبق أن واجهتنا في الجزء الثالث، عنيت ما إذا كان بالمقدور تجنب العطفة النظرية التي تمر عبر مجال أشياء وحوادث وخصائص لا تلحظ مباشرة. هب مثلا، وكما يحدث في الغالب، أن الجمل التأويلية والقوانين التي تقرها النظرية مصاغة في شكل معادلات تربط تعبيرات بعينها، عبر مقادير نظرية، بتعبيرات أخرى من ذات القبيل أو بتعبيرات تصاغ عبر مقادير ملاحظية. هنا نستطيع أن نعبر عن الإشكالية بطريقة هل

المختزلة: "إذا استطعت تأمين ربط معادلي يمتد نطاقه من الظروف الملاحظية الابتدائية عبر الظروف الملاحظية اللاحقة، فلماذا نقوم، رغم أنه لا ضرر مؤكدا ينجم عن قيامنا، باستخدام عدة معادلات طالما أن معادلة واحدة تكفي؟".[18]

يمكن وصف النتيجة التي تخلص إليها هذه المحاجة **بمفارقة التنظير**. إنها تقر أنه إذا كانت الحدود والمبادئ العامة المتعلقة بالنظرية تؤدي مقاصدها، بحيث تنجح في دعم ارتباطات محددة الظواهر الملاحظية، فإنه بالمقدور الاستغناء عنها، إذ سوف يكون بالإمكان الاستعاضة عن أية سلسلة من القوانين والجمل التأويلية التي تدعم هذه الارتباطات بقانون يربط مباشرة بين الظروف الملاحظية الابتدائية بالظروف الملاحظية اللاحقة.

بإضافة جملتين صادقتين بداهة إلى هذا المبدأ الحاسم، نحصل على محاجة تتخذ شكل المأزق (أو برهان المعضلة) التقليدي:

---

[18] C.L. Hull, "The Problem of Intervening Variables in Molar Behavior Theory", *Psychological Review*, Vol.50 (1943), p. 284. Reprinted in M.H. Marx (ed.), *Psychological Theory*. The Macmillan Company, N.Y., 1951.

(5.1) إذا كانـــت حدود ومبادئ النظرية تحقق أهدافها، فهـــي كما أوضحنا ليست ضرورية، وإذا عجزت عن ذلك، فلا ريـــب أنها ليست ضرورية أيضا. لكن حدود ومبادئ أية نظرية إما تحقق أهدافها أو تعجز عن تحقيقها، ولذا فإن حدود ومبادئ أية نظرية ليست ضرورية.

ســـوف نســـمي هـــذه المحاجة، التي تتسق نتيجتها مع مذهب السلوكية المنهجية المتشددة في علم النفس، بمأزق المنظِّر...

قـــبل أن نشرع في الارتياح أو التأسي على نتيجة تلك المحاجـــة، مـــن المفـــيد أن نتذكر أن الاعتبارات المقدمة لدعم مقدمتها الحاسمة قد طرحت بطريقة إجمالية، ما يعني أن تشكيل حكم أكثر حرصا بخصوص هذه المسألة يستدعي البحث فيما إذا كان بالمقدور التفصيل في هذا المخطط الإجمالي بطريقة تفضي إلـــى محاجـــة مقنعة. هذه هي المهمة التي نضطلع بأمرها في الجزء التالي.

6.التعاريف الإجرائية وجمل الرد

مـــن المفـــيد أن نبدأ بفحص أكثر دقة لخصائص الجمل التأويلية. في أبسط الحالات، تتخذ الجملة التأويلية شكل تعريف

صريح لتعبير نظري يتم باستخدام تعبيرات ملاحظية، كما هو موضح في (3.2). هنا يكون الحد النظري غير ضروري بالمعنى التام الذي يقر إمكان تجنبه في صالح تعبير ملاحظي، الذي يشكل المعرّف. إذا تم تعريف كل أوليات T على هذا النحو، أمكن بالطبع صياغة T كلية عبر حدود ملاحظية، وسوف تكون مبادئها العامة قوانين تربط بشكل مباشر أشياء ملاحظية بأخرى ملاحظية.

يصدق هذا خصوصا على أية نظرية تستوفي معايير النزعة الإجرائية بالمعنى الضيق الذي يقر أن كل حد من حدود النظرية إنما يطرح عبر تعريف صريح يحدد استجابات ملاحظية يعد توفرها شرطا ضروريا وكافيا، في ظروف اختباريه معينة، لتطبيق هذا الحد. هب مثلا أن الحد النظري هو المحمول الأحادي (أو الخاصية) 'Q'. سوف يتخذ التعريف الإجرائي الصياغة التالية:

$$(6.1)\ Qx \equiv (Cx \rightarrow Ex)$$

أي أن الشيء x يختص (بالتعريف) بالخاصية Q إذا وفقط إذا كان استيفاؤه للشروط C كافيا لعرضه الأثر أو الاستجابة E. تعريف تولمن لتوقع الطعام مثال على ذلك: "حين تقر أن الفأر

يـــتوقع الطعام في الموضع L، فإن ما تقره هو أنه إذا (1) كان الفـــأر محـــروما مـــن الطعام، (2) وكان درّب على السير في الطريق P، (3) ووضع الآن في P، (4) الطريق P مغلق، و(5) ثمـــة طرق تؤدي إلى مواضع بعيدة عن P يؤدي أحدها مباشرة إلى L؛ فسوف يسلك ذلك الفأر هذا الطريق"[19].

يمكـــن الحصول على الصياغة سالفة الذكر بالاستعاضة عـــن 'Q' فـــي (6.1) بـــ "الفأر x يتوقع طعاما في الموضع L" وعن 'Cx' بوصل الشروط 1_5 نسبة إلى x، وعن 'Ex' بـــ "x يسلك الدرب المؤدي مباشرة إلى L".

وكمـــا أوضح كارناب فيما أصبح محاجة كلاسيكية[20]، فإن هذه الطريقة في تعريف الحدود العلمية، بصرف النظر عن مـــدى بداهـــتها الـــبادية، تواجه صعوبة كأداء. ذلك أن الجملة الشـــرطية (مـــن قبـــيل المعـــرّف 6.1) لا تبطل وفق التأويل الماصدقي السائد إلا حال صدق مقدمتها وبطلان تاليتها. لذا فإن

---

[19] E.C. Tolman, B.F. Ritchie, and D. Kalish, "Studies in Spatial Learning. I. Orientation and the Short-Cut", *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 36 (1946), p.15.

[20] R. Carnap, "Testability and Meaning", *Philosophy of Science*, 1936-37, sec. 4; reprinted as a monograph by Whitlock's Inc., New Haven, Conn., 1950. Excerpts are contained in H. Feigl and M. Brodbeck (eds.), *Readings in the Philosophy of Science*, Appleton-Century-Crofts, N.Y., 1953.

أي شـــيء لا يستوفي الشروط الاختبارية C، بحيث تبطل مقدمة المعـــرّف نســبة إلــيه، يصدق عليه المعرّف كلية، ما يضمن اختصاصـــه بالخاصية Q. في مثالنا، سوف يتعين علينا أن نقر نسبة إلى أي فأر لم يتعرض للشروط الاختبارية 1_5 أنه يتوقع الطعام في L، بصرف النظر عن سلوكه.

الاعتـــبار التالـــي أحد سبل تجنب هذه الصعوبة. حين نقول عن فأر ما إنه يتوقع الطعام في L، فإننا نريد أن نعزو إليه وضـــعا أو نـــزوعا "يسبب" في الظروف 1_5 قيامه بالسير في الطـــريق المؤديـــة مباشـــرة إلى L، ما يستوجب في التعريف الإجرائـــي المناسب ربط E ناموسيا بـــ C، أي باستخدام قوانين عامـــة من النوع الذي يعبر عن ارتباطات سببية. يتعين إذن أن يستعاض في (6.1) عن الجملة الماصدقية "إذا..فـــ.."[21]، التي لا تشـــترط ضـــرورة ناموسية أو منطقية في الارتباط، بمناظر ناموســـي أكـــثر إحكاما يمكن الإفصاح عنه بالتعبير "إذا..فـــ..

---

[21] التعبير "إذا..فـــ.." بعد بالمعنى المنطقي ماصدقيا لأنه يربط بين القضايا بحيث تكون قيم صدق المركب الناتج محددة من قبل قيم صدق مكوناته. راجع المقدمة، الجزء الرابع (المحرر).

وفـــق ضرورة سببية". غير أن فكرة القانون والضرورة السببية أو الناموسية المشار إليها هنا ليست واضحة إلى حد يكفل جعل هذا السبيل في حل الإشكالية واعدا.

يقـــترح كارنـــاب سبيلا مغايرة تتعين في تحديد جزئي لمعـــنى 'Q'، عوضـــا عن تحديدها كلية، يسمى بجمل الرد. في أبســـط الحالات، سوف يستعاض عن (6.1) **بجملة الرد الثنائية** التالية:

$$(6.2)\ \ \mathbf{Cx \rightarrow (Qx \equiv Ex)}$$

التـــي تقـــر أنـــه إذا خضع الشيء **للشروط الاختبارية** C، فإنه يختص بالخاصية Q إذا وفقط إذا كان يعرض الاستجابة E. هنا لا يفضي استخدام الروابط الماصدقية إلى النتائج غير المرغوب فـــيها سالفة الذكر. إذا لم تجرعلى الشيء الشروط الاختبارية C، ســـوف تصـــدق علـــيه (6.2) بأســـرها، لكـــن ذلك لا يستلزم اختصاصه أو عدم اختصاصه بـــ Q. من جهة أخرى، في حين تطـــرح (6.1) تعريفا صريحا تاما لـــ 'Q'، فإن (6.2) لا تحدد معـــنى 'Q' إلا بشكل جزئي، فهي لا تشير إلا إلى الأشياء التي تستوفي الشروط C. وبخصوص سائر الأشياء، يترك معنى 'Q' غير محدد. فمثلا، لا تحدد (6.2) معنى "يتوقع X طعاما في L"

إلا نسبة إلى الفئران التي تستوفي الشروط 1_5. السير في الطريق L، نسبة إلى هذه الفئران، شرط ضروري وكاف لتوقع الطعام. أما بخصوص الفئران التي لا تستوفي تلك الشروط، فإن معنى "يتوقع X طعاما في L" يظل مفتوحا، وبالمقدور تحديده بشكل أدق عبر المزيد من جمل الرد...

وكما يوضح هذا المثال، تطرح جمل الرد طريقة دقيقة لصياغة فحوى التعاريف الإجرائية. إن هذا النهج يعتبر مثل هذه التعاريف مجرد تحديدات جزئية للمعنى، بحيث يعامل المفاهيم النظرية بوصفها "مفاهيم مفتوحة"، كما أن اشتراط مجموعة من جمل الرد، يكمل بعضها البعض، للحد المعطى إنما يعكس توفر معايير إجرائية، لتطبيق معظم الحدود النظرية، تختلف باختلاف السياقات.

على ذلك، يجب أن نلحظ أنه في حين يقر التحليل باستخدام جمل الرد أن الحدود النظرية لا تعرَّف بشكل تام بالإشارة إلى ما يمكن ملاحظته، فإنه لا يثبت استحالة طرح تعريف صريح تام للحدود النظرية عبر حدود ملاحظية...

7.في إمكان تعريف الحدود النظرية عبر مفردات ملاحظية

... يرتئي عدد من الكتاب أنه حتى إذا كان بالإمكان من حيث المبدأ تجنب الحدود النظرية في صالح حدود ملاحظية، فإنه يستحيل عمليا، والأهم من ذلك سوف يكون من الضار بل من الحمق منهجيا، أن نقوم بذلك. هناك مثلا حل تولمن وسبنس لإشكالية هلّ السالف ذكرها في الجزء الخامس: إذا كان بمقدور المتغيرات النظرية الدخيلة دعم ارتباط آمن بين الظروف الملاحظية المبدئية واللاحقة، فلماذا لا نقتصر على استخدام رابط وظيفي واحد يربط مباشرة بين الظروف الابتدائية واللاحقة؟ يطرح سبنس المبرر التالي، ويثني عليه تولمن[22]: الدالة الرياضية المتطلبة للتعبير عن الرابط سوف تكون معقدة إلى حد يحول دون تصورها بشريا؛ ليس بالمقدور الوصول إليها إلا بتقسيمها إلى سلسلة من الارتباطات الدالية الأبسط، تتوسطها متغيرات دخيلة. يتضح أن هذه المحاجة تعزو إلى طرح كينونات نظرية لا تقبل الملاحظة دورا عمليا مهما في

---

[22] E.C. Toulman, "Operational Behaviorism and Current Trends in Psychology", *Proceedings of the 25th Anniversary Celebration of the Inauguration of Graduate Study*, Los Anglos, 1936, p.89; K.W. Spence, 'The Nature of Theory Construction in Contemporary Psychology", *Psychological Review*, Vol. 51 (1944), p.65n. Both of these papers are reprinted in Max, *op. cit.*

سـياق اكتشاف علاقات ارتهان متبادلة بين ما يمكن ملاحظته، وفيما أفترض، في سياق القيام بالحسابات الفعلية المتطلبة لتفسير أو التنبؤ بحوادث محددة وفق تلك العلاقات المتبادلة.

ثمة وظيفة مهمة منهجيا يعزوها هلّ للكينونات الفرضية في فقرات مثيرة تشتمل عليها مقالته عن المتغيرات الدخيلة في الـنظرية السلوكية المادية. المبدأ الحاسم في محاجته يقر التالي: هب أننا لتفسير استجابة كائن ما في موقف بعينه، أو التنبؤ بها، قمنا بعزو قوة عادة محددة إليه في الوقت t من استجابته، وهي قـوة تتنزل منزلة الكينونة الفرضية. تلك القوة، في نظرية هلّ، "مجـرد تمثيل كمي للآثار اللاحقة المتكررة" لحوادث ملاحظية سـابقة بعينها ، مثل المثير الملاحظ الذي تم استقباله في مواقف تعلمـية قديمـة العهـد. نتيجة لذلك، إذا تم تجنب الإشارة إلى الكيـنونة الفرضـية، قـوة العـادة، عبر ربط استجابة الكائن الملاحظة في t مباشرة بمثيرات استقبلها في وقت أسبق، سوف نكـون قمـنا بإثارة، كمحدد سببي للاستجابة، حوادث ملاحظية محددة لا وجود لها وقت حدوث الاستجابة. غير أن هلّ يرفض هـذه الفكرة، التي يبدو أنه لا مناص منها حال تجنب الكينونات

الفرضية الدخيلة، المتعلقة بفعل سببي يتم عبر فاصل زمني؛ "إذ يصعب الاعتقاد في قدرة حدث ما، من قبيل مثير في موقف تعلمي غبر عهده، على التأثير سببيا على الكائن عقب اختفائه بمدة طويلة. إنني أتفق تماما مع لوين على أنه يتوجب على كل العوامل، التي يزعم تأثيرها سببيا في تحديد أي حدث آخر، أن تكون حاضرة وقت حدوث الفعل السببي"[23]. العامل الفرضي الممثل من قبل قوة العادة عند الكائن المعني في الوقت t من استجابته إنما يسمح بتفسير يتسق مع هذا المبدأ.

رغم أن النتيجة التي يخلص إليها هذا النص تبدو ميتافيزيقية، فإن المفاد الأساسي من محاجة هل منهجي الطابع.. يبدو أن مثل هذه النظريات الزمكانية المتصلة تسوغ نفسها لسببين على الأقل: فهي من جهة تحتاز على بساطة صورية، يصعب في الوقت الراهن تحديد خصائصها، لكنها تنعكس مثلا في إمكان توظيف الآلية الرياضية الفاعلة والممتازة في استنباط ارتباطات تفسيرية وتنبئية، ضمن وقائع بعينها، من مصادرات النظرية. ومن جهة أخرى، وكما ذكرنا في الجزء الثالث، يبدو

[23] Hull, *op. cit.*, p.285.

أن تطور العلم الامبيريقي السابق يبين أنه من المرجح اكتشاف أن المبادئ التفسيرية والتنبئية، التي تقر ارتباطات منعزلة بين الحوادث الملاحظة (المنفصلة زمكانيا)، محدودة المدى وتواجه مختلف أنواع الاستثناءات. وغالبا ما يمكّن توظيف نظريات تركن إلى كينونات فرضية من تفسير مثل هذه الاستثناءات عبر المصادرة على افتراضات مناسبة تتعلق بالكينونات الفرضية المعنية.

ثمة محاجة عامة أخرى يتعين اعتبارها هنا تم تطويرها بشكل أكثر دقة ووضوحا من قبل بريث ويت. ... يقر زعم بريث ويت المركزي أنه "لا سبيل لتعريف الحدود النظرية عبر خصائص ملاحظية حال استحالة تبني النظرية بحيث تطبق بشكل مناسب على مواقف جديدة"[24]. يبدو أنه بالإمكان توضيح زعم بريث ويت عبر المثال التالي: هب أنه تم تأويل الحد "حرارة" في إحدى مراحل البحث العلمي بالإشارة فحسب إلى قراءات الترمومتر الزئبقي. إذا اعتبر هذا المعيار الملاحظي تأويلا جزئيا فحسب (أي بوصفه شرطا كافيا لا ضروريا)، يظل

[24] R.B. Braithwaite, *Scientific Explanation*. Cambridge University Press, Cambridge, England, 1953, p.76.

بالإمكان إضافة المزيد من التأويلات الجزئية، عبر الإشارة إلى سبل مغايرة لقراءة درجات الحرارة يمكن استخدامها فوق نقطة غليان أو تحت نقطة تجمد الزئبق. من شأن هذا أن يسمح بتوسيع نطاق تطبيق قوانين من قبيل تلك التي تربط حرارة القضيب المعدني بطوله أو بمقاومته الكهربية، أو تربط بين حرارة الغاز وضغطه أو حجمه. في المقابل، لو اعتبر المعيار الأصلي تعريفا تاما، لما كانت النظرية قابلة لمثل هذا البسط، و سوف يتعين علينا التخلي عن التعريف الأصلي في صالح تعريف آخر لا يتسق معه...

غير أنه يصعب الحكم بقدرة هذه المحاجة على إثبات ما تزعم إثباته، عنيت إقرار "أنه يتوجب على النظرية، التي نؤمل بسطها مستقبلا بحيث تفسر تعميمات أكثر عددا من تلك التي صممت لتفسيرها، أن تتيح قدرا من الحرية للحدود النظرية يفوق ذلك القدر الذي كان ليتاح لها لو كانت هذه الحدود مجرد مكونات منطقية شكلت من كينونات ملاحظية"[25] (بحيث تعرّف عبر هذه الكينونات). ذلك أنه من البين أن توسيع نطاق النظرية

[25] Braithwait, *op. cit.*, p.76.

نظـــير تغيير تعريف بعض الحدود النظرية لا يعد خطأ منطقيا، كما أنه لا يعد أمرا صعبا أو غير ملائم للعالم، فالمشكلة المعنية إنما تواجه عالم المناهج أو المنطق الذي يتغي طرح "تحليل" أو "إعادة تشكيل منطقية" للتغيرات الطارئة إبان بسط النظرية. في نـــوع الحـــالات التي يناقشها بريث ويت مثلا، يمكن القيام بهذا الإجـــراء بطرق مختلفة ــ إما عبر إضافة المزيد من التأويلات الجزئـــية أو بـــإحداث تغيـــير تام في تعريف بعض التعبيرات الـــنظرية. إذا زعم أن هذا النهج الأخير لا يشكل بسطا للنظرية الأصـــلية، بـــل يعـــد تحولا إلى نظرية جديدة، فإن هذا لا يثير تساؤلا اصطلاحيا بقدر ما يثير اعتراضا منهجيا...

لم يفض المسح الذي قمنا به في هذا الجزء إلى محاجة حاسمة تدحض أو تثبت إمكان تعريف كل حدود العلم الامبيريقي الـــنظرية تعريفا صريحا عبر مفردات ملاحظية صرفة. الواقع أنـــنا وجدنا أسبابا وجيهة للريبة في قدرة أية محاجة على حسم هذه المسألة مرة وللأبد...

8.الأنساق التأويلية

...رأيــنا أن جمــل الــرد تناســب تماما تشكيل معايير إجرائــية للتطبيق بوصفها تعريفات جزئية. غير أنها تعاني من صعوبات جادة بخصوص صورتها المنطقية، ما يعني أنها تبدو عاجــزة عن طرح صياغة عامة مناسبة لطرح تأويلات جزئية للحدود النظرية. ثمة رؤية للتأويل أكثر عمومية يطرحها مفهوم كامبل للنظرية الفيزيائية يقر أنها تتكون من "فرض"، يتمثل في مجموعــة مــن الجمل المشتملة على حدود نظرية، فضلا عن "معجم" يربط هذه الحدود بمفاهيم الفيزياء التجريبية (التي يتعين أن تقوم بينها علائق متبادلة عبر قوانين امبيريقية)[26]. في مقابل المفهوم التقليدي للمعجم، يُفترض أن معجم كامبل يشتمل لا على تعاريف للحدود النظرية بل على جمل مفادها أن الجملة النظرية التــي تكون من نوع بعينه تصدق إذا وفقط إذا صدقت جملة من نــوع محــدد تــناظرها في العلم الامبيريقي. عوضا عن طرح تعــريفات، يقوم المعجم بطرح قواعد للترجمة، غير أنها قواعد جزئــية، إذ لا يزعم وجوب تحديد ترجمة لكل جملة نظرية أو امبيريقية...

[26] N.R. Campbell, *Physics: The Elements*. Dover Press, N.Y., 1920, ch. VI.

مــن البيــن أن الجمــل فــي معجــم كامبل لا تختص بالخصــائص التــي تتمــيز بهــا جمل الرد؛ غير أنه بالإمكان صــياغتها في شكل قضايا تكافئية، بحيث يتم ربط جملة الحدود الــنظرية بجملة حدود ملاحظية عبر التعبير "إذا وفقط إذا". في سياقات أخرى، لا تبدو جمل الرد ولا الجمل التكافئية مناسبة...

...و للحصــول على مفهوم عام للتأويل الجزئي، سوف نقــبل بوصــفها جملا تأويلية أية جمل، تتخذ أي شكل منطقي، تشتمل على حدود نظرية وأخرى ملاحظية. وعلى افتراض أن جمل العلم الامبيريقي النظرية والملاحظية تصاغ ضمن مرجعية منطقــية محــددة، يمكن التعبير عن هذه الفكرة بشكل أكثر دقة وصراحة على النحو التالي:

(8.5) هــب أن T نظرية **محددة من قبل فئة** من المصادرات تصاغ عبر **المفردات النظرية** V_T، وأن V_B فئة أخرى من الحدود مــا بعد المنطقية، تسمى **المفردات الأساسية**، لا تتشارك مع V_T في أي حد. **النســق التأويلي** الخاص بـــ T عبارة عن فئة J من الجمــل (1) المتناهــية، (2) المتســقة منطقيا مع T، (3) غير المشتملة على أي حد ما بعد منطقي غير متضمن في V_T أو V_B

، (4) والمشتملة أساسا على كل عنصر في V_T و V_B ، أي أنها لا تتكافأ منطقيا مع فئة من الجمل لا يرد فيها بعض حدود V_T أو V_B إطلاقا.

لتطبيق المفهوم المعرّف هنا على تحليل النظريات العلمية، يتوجب بطبيعة الحال أن نفترض أن V_B تتكون من حدود سبق فهمها. قد تكون حدودا ملاحظية، بالمعنى الغامض نسبيا الذي سبق توضيحه، غير أنه لا مدعاة للإصرار على هذا الأمر...

تشتمل الأنساق التأويلية التي قمنا لتونا بتعريفها كحالات خاصة على كل أنواع التأويل التي سبق اعتبارها، عنيت التأويل عبر التعاريف الصريحة لتلك الحدود النظرية، عبر سلسلة من جمل الرد، باستخدام جمل الترجمة التكافئية الخاصة بمعجم كامبل، أو جمل الرد العامة التي تتخذ الصياغة (8.4). غير أنها تسمح أيضا بجمل تأويلية ذات صياغات متنوعة وعديدة.

تختص الأنساق التأويلية بذات الخاصيتين اللتين تميزان سلاسل جمل الرد عن سلاسل التعاريف: من جهة، لا يؤثر النسق التأويلي عادة إلا في التأويل الجزئي لحدود V_T، أي أنه

لا يطرح (باستخدام جمل صريحة أو استلزام منطقي)، نسبة إلى كل حد في V_I، شرطا كافيا وضروريا للتطبيق عبر V_B. من جهة أخرى، عادة ما لا يكون النسق التأويلي، شأنه في ذلك شأن سلسلة جمل الرد الخاصة بحد نظري معطى، اشتراطي الطابع، ، بل سوف يستلزم جملا بعينها تصاغ عبر V_B وحدها، وهي جمل لا تعبر عن حقائق منطقية بل يمكن اعتبارها، وفق مفهومنا لـ V_B الذي يقر أنها تتكون من حدود امبيريقية سبق فهمها، إقرارات امبيريقية. هكذا نجد هنا أيضا توليفا بين الاستخدام الاشتراطي والوصفي للغة.

لكننا في معرض الحديث عن موضع ثالث للمقارنة، نقر أنه لا حاجة لقيام النسق التأويلي بطرح تأويل، تام أو ناقص، لكل حد من حدود V_T على حدة. في هذا الخصوص، يختلف النسق التأويلي عن كل من فئة التعاريف وفئة جمل الرد التي تقوم بطرح شرط ضروري وشرط كاف (عادة ما يكون مغايرا) لكل حد. من الممكن ألا يقوم النسق التأويلي، نسبة إلى بعض أو حتى كل حدود V_T، بطرح شرط ضروري أو كاف عبر VB، وقد لا يطرح أيا منهما. بدلا من ذلك، قد يقوم بتحديد شروط

كافية أو ضرورية، باستخدام جمل صريحة أو باستلزام منطقي، بواسطة V_B نسبة فحسب إلى تعبيرات تشتمل على عدة حدود من V_T ، على طريقة معجم كامبل مثلا.

كقاعدة عامة إذن، حين يتم تأويل النظرية T بنسق تأويلي J، لا يكون بالإمكان الاستغناء عن الحدود النظرية بالمعنى الضيق الذي يقر إمكان الخلاص منها في كل السياقات، في صالح تعبيرات معرّفة تركن إلى V_B. أيضا فإنه ليس بالمقدور الاستغناء عنها بالمعنى الذي يقر أن J توفر نسبة لكل جملة H، يمكن صياغتها عبر V_T، "ترجمة" تركن إلى V_B ، أي جملة O تصاغ عبر V_B بحيث يمكن أن نستنبط منطقيا التكافؤ $O \equiv H$ من J.

9.إمكان الإحلال الوظيفي للحدود النظرية

سوف تتعين الوظيفة النسقية للنظرية T، وفق تأويلها بالنسق التأويلي J، في التمكين من القيام باستدلالات من "المعطيات"، باستخدام V_B، على جمل (تنبئية مثلا) أخرى عبر V_B.

[هنا يقوم همبل بتبيان كيف أن أية أنسقة يتم إنجازها ضمن جمل V_B يمكن إنجازها عبر T حال وصلها بـ J. يمكن إذن اعتبار مصادرات T مقترنة بجمل J مصادرات النسق T' الذي يسميه همبل **النظرية المؤولة**. مفردات هذه النظرية $T_{V'}$ هو مجموع V_I و V_B. أيضا يثبت همبل أن T' تحقق ذات الارتباطات الاستنباطية ضمن جمل V_B التي تحققها فئة كل مبرهنات T' المعبر عنها بـ V_B وحدها ــ وهو يسميها فئة مبرهنات V_B أو مترتبات V_B الخاصة بـ T'، ويميزها بالرمز '$O_{T'}$'. هكذا تكون الأنسقة الاستنباطية المحققة عبر T' هي ذاتها المحققة عبر $O_{T'}$ التي لا تشتمل على أية حدود نظرية، وهكذا يتسنى الاستغناء عن الحدود النظرية] (المحرر).

غير أن $O_{T'}$ عادة ما تكون فئة مطولة لامتناهية من الجمل، ما يثير السؤال ما إذا كان هناك نهج يمكن تطبيقه بوجه عام لجعلها سهلة التناول وواضحة عبر صياغتها في شكل نسق نظري مؤكسم T'_B، يمكن صياغته عبر V_B وحدها. تبين مبرهنة في المنطق الصوري، تم إثباتها في الآونة الأخيرة من قبل

كــريج أنــه بالمقدور القيام بهذه المهمة، شريطة أن تستوفي T' شروطا متحررة لا تضع أية قيود[27].

علــى هــذا الــنحو، تتعلق مبرهنة كريج بشكل وثيق بالإشــكاليات المــثارة مــن قــبل "مفارقة التنظير" التي سلف صياغتها في الجزء الخامس بتعبيرات غامضة نسبيا. تلمح هذه المبرهنة بطريقة ما للكيفية التي يمكن عبرها طرح تأويل دقيق وواضح وإثبات محكم للمفارقة. إنها تثبت أنه بالنسبة لكل نظرية T' تســتخدم حدودا نظرية وحدودا غير نظرية سبق فهمها، ثمة نســق نظــري مؤكســم T'_B ، حال استيفاء شروط عادة ما يتم استيفاؤها، لا توظف سوى حدود غير نظرية في T'، رغم أنها تــتكافأ وظيفيا مع T'، بمعنى أنها تقر، ضمن الجمل التي يمكن التعبــير عــنها بالمفــردات غــير الــنظرية، ذات الارتباطات الاستنباطية التي تقرها T'.

أيتوجب إذن على العلم الامبيريقي أن يفيد من هذا النهج ويقــوم بالاستعاضة عن كل نظرياته، التي تشتمل على فروض

---

[27] ثمة نقاش غير اصطلاحي لهذه النتائج تجده في
W. Crage, "Replacement of Auxiliary Expressions", *Philosophical Review*, Vol. 65 (1956), pp. 38-55.

تتعلق بكينونات فرضية، بأنساق نظرية مكافئة وظيفيا يعبَّر عنها قصـــرا بحـــدود تحتاز على مرجعية ملاحظية مباشرة أو حدود مفهومـــة بشكل واضح؟ في ضوء مقاصد التنظير العلمي، ثمة أسباب تحتم الإحجام عن القيام بذلك.

بدايـــة، دعونـــا نعتبر الخصائص العامة التي تتميز بها مبرهـــنة كـــريج. إذا غضضنا الطرف عن الكثير من التفاصيل الدقيقة، يمكن وصف الإجراء على النحو التالي: يقوم كريج عبر إجراء بنائي بترتيب كل مبرهنات V_B الخاصة بـــ T' في سلسلة بعينها. غير أن هذه السلسلة مطولة أكثر مما يجب، فهي تشتمل، نسبة إلى كل جملة ترد فيها، على كل مكافئاتها المنطقية (طالما كان بالإمكان التعبير عنها في V_B). يصف كريج طريقة لحذف كثير من هذه التكرارات، رغم أنها لا تتخلص منها جميعا. تظل السلســـلة الباقية إذن مشتملة على كل من مبرهنات V_B الخاصة بـــــ T' في أحدى صياغاتها المتكافئة على أقل تقدير. وأخيرا، تصـــبح كل جمل السلسلة الباقية مصادرات في T'_B . هكذا تتم "أكسمة" فئة مبرهنات V_B الخاصة بـــ T' في T'_B بطريقة غريبة، أي بجعـــل كـــل جملـــة في الفئة، في إحدى صياغتها المتكافئة

العديدة، مصادرة في T'_B؛ في حين أن المقصود عادة من أكسمة أيـــة فئة من الجمل هو اختيار فئة صغيرة واعتبارها مصادرات يمكن منها اشتقاق الباقي استنباطيا بوصفها مبرهنات. على هذا الـــنحو تعبر الأكسمة عن محتوى الفئة الكلية "في شكل أوضح رياضـــيا أو سيكولوجيا"[28]. وعلى اعتبار أن نهج كريج يتضمّن عملـــيا كل الجمل التي يتوجب أكسمتها في مصادرات T'_B، فإن T'_B كمـــا يقر كريج نفسه "تخفق في التبسيط أو في طرح تبصر أصيل"[29].

فقد البساطة الناجم عن إغفال حدود T' النظرية ينعكس في كون فئة المصادرات التي يسمح بها نهج كريج نسبة إلى T'_B لا متناهية دائما. حتى في حالة وجود فئة جزئية متناهية من $O_{T'}$ من مبرهنات V_B الخاصة بـــ T' يمكن منها اشتقاق سائر الجمل، فـــإن نهـــج كريج لا يفضي إلى تلك الفئة. هذا هو نظير قابلية نهجه للتطبيق الشامل.

ثمـــة حـــالات لا يكـــون فـــيها وجود عدد لا متناه من المصـــادرات تزيدا، خصوصا حين يتم تحديد المصادرات عبر

---

[28] Craig, *op. cit.*, p.49.

[29] *Ibid.*

صياغات مبادئية، أي عبر اشتراطات مفادها أن أية جملة تتخذ إحدى صيغ محددة متناهية العدد (مثل 'x=x') تعد مبدأ. غير أن طـــريقة كـــريج في تحديد مبادئ أو مصادرات T'_B أعقد بكثير، كمـــا أن النســـق الـــناتج سوف يكون عمليا غير قابل للمداولة، ناهـــيك عن عوز الخصوبة والإيحائية المحفزة الناجم عن حذف المفاهـــيم والفـــروض النظرية. لهذا السبب، فإن هذا النهج في الاستغناء عن التعبيرات النظرية لا يلائم العلم الامبيريقي إطلاقا ...

حيـــن يزعم ممارسو العلم أو علماء المنهج أن الحدود الـــنظرية الخاصـــة بنظرية ما تشير إلى كينونات توجد بذاتها، تشكل مكونات أو جوانب أساسية من العالم الذي نعيش فيه، يبدو من الواضح، بصرف النظر عن أي دلالات يقومون بعزوها إلى هذا الزعم، أن الأسباب التي يكون بمقدورهم طرحها لدعمه إنما تكمـــن في حقيقة قيام تلك الحدود بدور في نظرية معززة تتجز أكسمة استقرائية واستنباطية مقترة لفئة كبيرة من الحقائق العينية والتعمـــيمات الامبيريقية، وتعد خصبة على نحو يشجع الإيحاء بالمـــزيد مـــن الأســـئلة والفـــروض الجديدة. وطالما تم اعتبار الملاءمـــة للتعمـــيمات الاســـتقرائية، صحبة التقتير والخصوبة

المحفزة، خصائص جوهرية للنظرية العلمية، لا سبيل للاستعاضة عن الحدود النظرية بحدود ملاحظية صرفة دون التعرض لخسارة فادحة. الواقع أن معضلة المنظّر، التي تخلص إلى إقرار خلاف ذلك، إنما تركن إلى مقدمة باطلة.

ماهية القانون الطبيعي[30]

آرثر باب

ولـــد آرثـــر باب في زيورخ، سويسرا، وهاجر إلى نيويورك عام 1941. حصل على درجة الدكتوراه في الفلسفة من جامعة كولمبيا عام 1946، وقد درّس في شيكاجو، كلية المدينة في نيويورك، اوريجان، فينا، ليهاي، وييل، حيـــث مكـــث إلى أن وافته المنية عام 1959 بعد أن بلغ من العمر ثمانية وثلاثيـــن عامـــا. ضمن أشهر مؤلفاته، بالإضافة إلى كتابه "مقدمة لفلسفة العلـــم"[31]، نذكـــر "عناصـــر الفلســـفة التحليلـــية" و"علـــم الدلالة والحقيقة الضرورية".

---

[30] Reprinted with permission of the publisher from *An Introduction to the Philosophy of Science* pp. 289-597, by Arthur Pap. Copyright © 1962 by The Free Press of Glencoe.

[31] سبق أن قمت بترجمة هذا الكتاب (قيد الطبع الدار الجماهيرية)، وهو كتاب غاية في الأهمية نسبة إلى حقل فلسفة العلوم، آية ذلك أن ددلي شابير يستهل به، بل يفرده

1.التعميمات شبه القانونية والاستدلال الفرضي

حاولـــنا فـــي الفصلين الأخيرين توضيح المعنى السببي والفرضـــي للتعبير "إذا..فـــ..". لقد جادلنا وفق رؤية هيوم بأن الاعـــتقاد في قيام قانون عارض منطقيا، إحصائيا كان أم خلاف ذلـــك، متضمن في اشتراطات فرضية مثل "لو تم الضغط على عـــود ثقـــاب (بقـــدر كاف من القوة) لاشتعل". ولكن ما الرابط الشرطي الذي يقره التعميم شبه القانوني، أي ما التعميم الذي يعد حال صدقه قانونا طبيعيا؟ لقد بينا أن الاستلزام السببي أقوى من الاستلزام المادي، كونه يقر استحالة أنواع بعينها من الحوادث، ولا يقتصر فحسب على إنكار وقوعها الفعلي. من جهة أخرى، فإنـــه أضعف من الاستلزام التحليلي. هل نستطيع إصدار المزيد مـــن الأحكـــام الإيجابية عن المعاني المتعلقة بالتعبير "مستحيل (سببيا)" و"ضروري (سببيا)"؟

عـــن سائر قائمة المراجع الرئيسة التي ينصح بالإطلاع عليها في البيبلوجرافيا التي يختتم بها هذه المختارات [المترجم].

ثمة معيار بدهي لشبه القانونية، يقترحه كل من نيلسون جودمان وردرك تشزم[32]، يقر أن التعميم شبه القانوني يدعم الاستدلالات الفرضية. هبني رأيت فاكهة تشبه البرتقال ثم اتضح لي أن مذاقها يشبه مذاق اليوسفي. إذا أصر صديقي على أنها برتقالة، سوف يكون من حقي أن أحتج بقولي "لو كانت برتقالة لكان مذاقها شبيها بمذاق البرتقال!". في مثل هذه الحالة لا نسلم بأنه قد تم دحض التعميم "كل البرتقال طعمه شبيه بطعم البرتقال"، فثقتنا فيه تجعلنا نرفض وصف مالا يكون طعمه كطعم البرتقال بأنه"برتقال". لكن هذا لا يعني أن هذا التعميم مجرد تحليل لمعنى "برتقالة"، طالما كان بمقدورنا أن نتصور ظروفا نسلم فيها بأن ما يكون مذاقه مخالفا لمذاق معظم الأشياء التي نسميها برتقالا يظل برتقالا. إذا كان الشيء الموضوع أمامنا لا يتخطى فحسب الفحوص البصرية واللمسية للبرتقالية، بل ينمو في شجرة برتقال ويحتاز على ذات التركيب الداخلي

---

[32] N. Goodman, "The Problem of Counterfactnals", reprinted in L. Linsky, ed., *Semantics and the Philosophy of Language* (Urbana, Ill., University of Illinois Press, 1952), and in N. Goodman, *Fact, Fiction, and Forecast* (Cambridge: Harvard University Press, 1955); R. Chisholm, "The Contrary-to-Fact-C0nditional", reprinted in H. Feigl and W. Sellars' *Readings in Philosophical Analysis* (N.Y., Appleton-Cntury-Crofts, Inc., 1949).

للفواكـــه التـــي تنمو على أشجار البرتقال، قد نميل إلى التسليم بوجـــود بـــرتقال "غريب الأطوار" لا يشبه مذاقه طعم البرتقال "السوي".

وعلى نحو مماثل، لو صادف الفيزيائي جسما يبدو أنه يسقط بحرية، لكن تسارعه مضطرب بشكل بيّن، لقال "لا يمكن لهذا الجسم أن يكون ساقطا بحرية؛ لو كان يسقط بحرية دون أن يـــتأثر بشيء سوى الجاذبية، لسقط بتسارع ثابت، ولذا يتعين أن تكون هناك قوى دخيلة سببت انحرافه عن القانون". غير أن هذا لا يعنـــي أنه يعتبر قانون الأجسام الساقطة بحرية جملة تحليلية يســتحيل دحضـــها، أي لا يعتبره تعريفا للتعبير "الجسم الساقط بحـــرية". إذا كان باحثا يشعر بالمسؤولية، سوف يبحث عن مثل هذه القوى الدخيلة، وإذا فشل في العثور عليها، قد يقوم بفحص الجســـم المعني ليعرف ما إذا كان يختلف في جوانب متعلقة عن الأجسام ذات السلوك الجاذبي السوي. وبصرف النظر عما يسفر عـــنه فحصه، سوف يتوجب عليه إما التخلي عن قانون الأجسام الساقطة بحرية في صيغته الراهنة أو التخلي عن مبادئ فيزيائية أخـــرى متضمنة فيه منطقيا. إذا كان الجسم ذو السلوك الغريب

يختص بالخاصية الكيميائية P مثلا، وكان اكتشف أن أجساما أخرى تختص بها تسقط على نحو مماثل، وقد يقصر الباحثمجال القانون على "كل الأجسام الساقطة بحرية تسقط بتسارع ثابت إلا إذا اختصت بالخاصية P"، رغم أنه من شأن هذا أن يرغمه على التخلي عن المبدأ الغاية في الأهمية الذي يقر أن أثر الجاذبية على الجسم لا يرتهن بأي من خصائصه الجوهرية (بل يتوقف فحسب عل موضعه). أما إذا لم يكتشف وجود أي فارق متعلق، فلا سبيل لإنقاذ القانون حتى بشكل جزئي عبر تقييد مداه، ما لم يتم التخلي عن أحد الافتراضين التاليين: (1) الساعات التي استخدمت في قياس الفترات الزمنية المناظرة للمواضع المتلاحقة دقيقة. قد يفترض أن قوى مجهولة قامت بالتأثير على الساعة، لا على الجسم الساقط (رغم أن مصادرة السببية لن تسمح له بقبول هذا الافتراض الأدهوكي إلا حال التمكن من تحديد القوى "الدخيلة" المصادر عليها)؛ (2) أدوات القياس التي استخدمت في قياس الإزاحة لم تكن دقيقة، بل تمددت وانكمشت، بسبب قوى مجهولة مؤقتا، بحيث ظهر أن ثمة اضطرابا في التسارع. مفاد كل هذا هو أنه لا يمكن الحفاظ على القانون

الفيزيائـــي (مثال "كل الأجسام الساقطة بحرية تسقط تحت تأثير الجاذبـــية وحدهـــا")، خلافـــا للجملة التحليلية البسيطة، في وجه الشـــواهد التـــي تبدو مناوئة إلا بالتخلي عن افتراضات واقعية أخرى متضمنة منطقيا في عملية اختباره.

مـــن جهـــة أخـــرى، إذا قلـــت، بعد فحص محتويات محفظتـــي، "كل العملات الموجودة فيها من فئة الخمس سنتات"، فإن هذه الجملة،على صياغتها الكلية، عاجزة عن دعم الاشتراط الفرضي "لو كانت هذه العملة، التي تبدو من فئة العشر سنتات، فـــي محفظتي، لكانت من فئة الخمس سنتات". سوف يكون أكثر طبيعـــية أن نشـــتق الاشتراط الفرضي "لو كانت تلك العملة في محفظتـــي، لما كانت كل العملات الموجودة فيها من فئة الخمس سنتات". وبالمثل، رغم أنه قد يصدق الحكم بأن كل من سبق له الجلـــوس على مقعد حديقة بعينه، منذ إنشائها، أحمر الشعر، لن يكون بمقدور هذه الجملة الكلية الصادقة دعم الاشتراط الفرضي "لـــو جلس كاري جرانت على ذلك المقعد، لكان أحمر الشعر". الاستدلال المناسب هنا إنما يقر "لو سبق لكاري جرانت الجلوس عليه، لما كان كل من سبق له الجلوس عليه أحمر الشعر".

رغم أن هذا الاختبار البدهي لشبه القانونية، في مقابل التعميمات **العارضة**، يبدو معيارا سليما، إلا أنه لا يكفي **لتحليل** هذا المفهوم. فكما رأينا، ثمة حاجة إلى اللجوء إلى مفهوم "التعميم شبه القانوني" لتوضح كيفية إقرار الاشتراط الفرضي بشكل مضمون، ولذا سوف ندور في حلقة مفرغة لو قمنا بتعريف التعميم شبه القانوني بأنه جملة كلية تضمن اشتراطا فرضيا. أيضا، فإن قيمته بوصفه معيارا للتمييز موضع شك. وفق المنطق الاستنباطي، تستلزم المقدمتان "كل A هو B" و"x يختص بـA" النتيجة "x تختص بـB" في كل الحالات. افترض أن الثوابت التي يمكن أن يستعاض بها عن x مجرد علامات إشارية (أي تعبيرات "تشير" إلى الشيء دون أن تحدد خصائصه، كما في قولنا "ذلك الشيء"، و"الشيء الموجود في المكان كذا في الوقت كذا"). في هذه الحالة نجد أن المقدمة الكلية "كل A هو B"، شبه قانونية كانت أم عارضة، تستلزم أية جملة تتخذ الصياغة "إذا كان x يختص بـ A، فإنه يختص بـB". إذا افترضنا أن كل A هو B، سوف يكون بمقدورنا تبرير "لو كانت

x تختص بـــA، لاختصت بـــB ضرورة"، حيث تنسب الضرورة إلى ذلك الافتراض.

هكذا، إذا تأكدت من أن كل العملات الموجودة في جيبي الآن من فئة الخمس سنتات، سوف يكون لدي مبرر كاف للحكم "لـــو كـــان ذلك الشيء، بصرف النظر عن ماهيته، في جيبي الآن، لكان من فئة الخمس سنتات". ذلك أن الصيغة الافتراضية إنمـــا تقـــر هـــنا ارتـــباطا ضروريا منطقيا بين " كل العملات الموجـــودة في جيبي الآن من فئة الخمس سنتات" و"إذا كان هذا الشيء عملة في جيبي الان، فإنه من فئة الخمس سنتات". الحكم بأنه "لو كانت هذه العملة ذات فئة العشر سنتات في جيبي الآن، لكانت من فئة الخمس سنتات" يبدو مفارقيا لأنني **بتحديد** الشيء بأنـــه عملة من فئة العشر سنتات أكون استبعدت كونه عملة من فئة الخمس سنتات، بحيث يقترح حكمي أنه بوضع عملة من فئة العشر سنتات في جيبي يمكن جعلها من فئة الخمس سنتات.

فـــي المقـــابل، حيـــن أشتق ".. لما كانت كل العملات الموجودة في جيبي الآن من فئة الخمس سنتات"، أكون أسقطت مـــن حسابي افتراض أن العملات الموجودة الآن في جيبي من

فئة الخمس سنتات، واستدللت بشكل استنباطي ضروري على ان "العمـــلات الموجودة في جيبي الآن ليست كلها من فئة الخمس ســنتات" من القضية المفترضة "هذه عملة من فئة العشر سنتات موجــودة الآن فـــي جيبـــي". على ذلك، يظل لدي ذات المبرر للاشـــتراط الفرضـــي "لـــو كان ذلك الكلب غدافا، لكانت هناك غدفان ليست سوداء" أو "لو كان القمر كوكبا، لكان هناك كوكب واحـــد على الأقل لا يدور في مدار اهليلجي حول الشمس". في كـــل حالة من حالات اشتقاق سلب القضية الكلية "كل A هو B" من اشتراط فرضي، يتم ضمنا تحديد موضع الاشتراط عبر ذكر خاصـــية تتضـــارب مع B. إذا سمح بذلك، سوف تعجز الجملة الكلية عن دعم الاستدلال الفرضي، عارضا كان أم شبه قانونـي. يسري هذا تماما على مثال كاري جرانت؛ لو تمت الإشارة إليه دون ذكر خصائصه، ودون افتراض أي من معارفنا عنه (مثال أنـــه لم يسبق له الجلوس على مقعد الحديقة المعني)، وإذا تأكدنا مـــن أن كـــل من سبق له الجلوس عليه كان أحمر الشعر، لكان حكمـــنا بأنـــه "لو كان هذا الرجل واحدا ممن سبق لهم الجلوس على ذلك المقعد، لكان أحمر الشعر" حكما مبررا إلى حد كاف.

إن هذا الحكم لا يبدو مفارقيا إلا نسبة لمن يعرف أن شعر كاري جرانت ليس أحمر، فمثل هذا الشخص سوف يستغرب اقتراح قيام رابط سببي بين لون شعر المرء وجلوسه مصادفة على أحد مقاعد حديقة ما.

2.معيار الشمولية المطلقة

الذين يعتقدون في إمكان التعبير عن العلم الامبيريقي بلغة تحتاز على بنية"البرنكيبيا ماثيماتيكا"، اللغة الشيئية الخالية من تعبيرات الجهة، من قبيل "ضروري" و"مستحيل" (مع إمكان صياغة مفهوم النتيجة المنطقية في اللغة الماورائية)، يواجهون امتحانا عسيرا لإيمانهم. يتوجب عليهم بطبيعة الحال التسليم باستحالة المماهاة بين التعميمات شبه القانونية والاستلزامات الصورية التركيبية، كما أنه ليس بمقدورهم اللجوء إلى المعيار الذي انتقدناه لتونا. لقد اقترح بعض منهم **الشمولية المطلقة** علامة فارقة لشبه القانونية، بدلالة سوف نعنى بتوضيحها.

ثمة جمل كلية تشير بشكل جوهري إلى شيء بعينه أو موضع أو زمان محدد. هكذا تشير الأمثلة التي ناقشناها جيب بنطال جيب بعينه، وزمن بعينه، ومقعد حديقة بعينه. سوف

نســمي التعبــيرات التي تحدد أشياء أو أزمنة أو أماكن بعينها "**ثوابــت فردية**"، ونسمي المحاميل التي تتحدث عن نوعيات أو علاقـــات متواترة لا تقبل التعريف عبر الثوابت الفردية "**شاملة إطلاقــا**" (مــن المناسب أن نجعل هذا التعبير يسري حتى على **المحدِّدات المادية**). يرد الثابت الفردي بشكل جوهري في الجملة إذا كان يرد فيها ولا سبيل لترجمتها إلى جملة لا يرد فيها دون تغيـــير معناها. وكمقاربة أولية، قد نعرّف التعميم شبه القانوني بأنـــه جملـــة تركيبيـــة كلـــية لا يرد فيها أي ثابت فردي بشكل جوهـــري. قد يتصادف أن ننجح في حذف الثوابت الفردية من صـــياغة حدث عارض، لأننا قد نجد الشيء العيني المعني قابلا لأن يوصـــف على نحو متفرد بمحاميل شاملة إطلاقا. وهكذا إذا تصادف أن مقعد الحديقة في مثالنا هو المقعد الوحيد الذي سبق أن جلس عليه سكير أدرد، لاستطعنا صياغة الاستلزام الصوري الصحيح التالي: "بالنسبة لكل x، إذا كان هناك وقت يجلس فيه x على مقعد حديقة يجلس عليه سكير أدرد، فإن x أحمر الشعر".[33]

---

[33] المقصـــود من "يجلس" هنا هو الصيغة غير الزمنية لمصدر "الجلوس"، لا الزمن المضارع للفعل.

إلا ان، فإن هذا لا يستلزم أن الثابت الفردي "مقعد تلك الحديقة" يرد بشكل ليس جوهريا في الجملة الأصلية، كون الفرض الذي حـــذف هـــذا الثابـــت وفقه فرضا واقعيا وليس تحليليا. إذا كان صـــادقا، ســـوف تحصل الجملة الشاملة إطلاقا على ذات القيمة الصـــدقية التـــي تحتازها الجملة الأصلية، لكنها لن تحصل على ذات المعنى.

من جهة أخرى، ثمة جمل كثيرة تشتمل بشكل جوهري على ثوابت فردية بودنا أن نعتبرها شبه قانونية: (1) "كل قطع الـــثلج الموجودة الآن في هذه الثلاجة سوف تصبح ماء حين يتم تســـخينها"، (2) "كل الكواكب تدور بشكل مستمر حول الشمس فـــي أفـــلاك اهليلجـــية"، (3)"كل الأجسام الساقطة بحرية قرب الأرض تســـقط بتســـارع ثابت قدره 32 قدما/الثانية"، (4) "كل الأجســـام الســـاقطة بحرية قرب الأرض تسقط بذات التسارع، مهما كانت كتلها". في حالة (1) و (4)، بالمقدور إجراء استنباط مـــن جمـــل كلية لا تشتمل على ثوابت فردية، ما جعل البعض يقـــترح تعـــريف الجملة شبه القانونية **الأساسية** بأنها جملة كلية تركيبـــية لا يـــرد فيها أي ثابت فردي بشكل جوهري، وتعريف

الجملة شبه القانونية **المشتقة** بأنها جملة يمكن اشتقاقها من جملة شـــبه قانونـــية أساســـية رغم اشتمالها على ثوابت فردية بشكل جوهـــري. ويعتـــبر ما يسمى بقوانين الحركة وقانون الجاذبية الكلـــية، التـــي يمكن منها اشتقاق (4) بسهولة، أمثلة بينة على الجمـــل شـــبه القانونية الأساسية بالمعنى المعرّف؛ ذلك أنها لا تذكـــر أي جســـم بعيـــنه ولا تشـــير إلى أية مواضع أو أزمنة محددة.ولكن لسوء الحظ، فإن (2) و(3) ليستا قضايا شبه قانونية إطلاقـــا وفق ذلك المعيار. قانون كبلر الأول في حركة الكواكب لـــيس مستلزما من مبادئ الميكانيكا النيوتونية إلا بافتراض أن حركة الكوكب المعني محددة من قبل الجاذبية الشمسية فقط. بيد أنـــه لا ســـبيل لتـــبرير هذا الافتراض إلا عبر معلومات تتعلق بالكتل النسبية خاصة الأجسام في المجموعة الشمسية. الواقع أن كـــون كتل الكواكب الأخرى صغيرة نسبة إلى كتلة الشمس هو الـــذي مكّـــن مـــن إغفال التجاذب التثاقلي الذي تمارسه، ومن صـــياغة إشكالية حركة الكواكب بوصفها "إشكالية جسمين". في غياب مقدمات عينية تتعلق بأجسام المجموعة الشمسية، لا سبيل لاشـــتقاق (2) من مبادئ الميكانيكا النيوتونية العامة. وعلى نحو

مماثل، فإن اشتقاق (3) استنباطيا من النظرية النيوتونية يتطلب دراية بكتلة الأرض ونصف قطرها.

ثمـــة صـــعوبة أخرى تواجه هذا النهج تتعين في أنه لا يتضـــح أن محامـــيل ومحـــددات مصـــادرات النظرية المؤولة امبيريقـــيا شـــاملة إطلاقـــا. فالطول يعرف إجرائيا عبر المتر القياسي، والوزن عبر الجرام القياسي. صحيح أنه يمكن لوحدات القياس هذه أن تستنسخ بشكل غير محدود بمجرد تعريف علاقة تساوي مناسبة، ولكن ما لم يحـــدّد جسم بعينه بوصفه "الـــ" متر القياســـي أو "الـــ" جرام القياسي، لن يكون بالمقدور إجراء أي قياس. قد يقال إنه بالرغم من وجوب اختيار جسم بعينه بطريقة عرفـــية بوصفه الجسم القياسي، يمكن للعالم الاختيار بينه وبين أي جســـم آخـــر يساويه في الجوانب المتعلقة. على هذا النحو نستطيع الدفاع عن الزعم بأن "أحمر" محمول شامل إطلاقا رغم وجـــوب أن يعرف إشاريا عبر جسم أحمر أو آخر بعينه، إذ لا ضـــرورة في أن نشير إلى **هذا** الجسم الأحمر عوضا عن **ذاك**. غـــير أن هـــذا التصـــور لا يـــبدو ملائما نسبة إلى مفهوم في الميكانـــيكا غايـــة فـــي الأساســـية، أعني مفهوم نسق العطالة

المتضمن في قانون العطالة. يقر هذا القانون أن أي جسم معزول إما أن يكون ساكنا أو متحركا حركة منتظمة نسبة إلى أي نسق عطالي. أيضا فإنه متضمن في مصادرة النظرية النسبية الخاصة التي تقر أن سرعة الضوء (في الفراغ) ثابتة في كل أنساق العطالة. ولكن ما المقصود بنسق العطالة؟ يمكن اعتبار ثلاثة تعاريف:

(1) هو النسق الذي يكون الشيء المعزول نسبة إليه ساكنا أو متحركا بشكل منتظم. يقر الاعتراض البين على هذا التعريف أنه يجعل قانون العطالة تحصيلا حاصلا غير مجد. غير أنه يستخدم بالفعل استخداما تنبئيا وتفسيريا مهما، فهو يستخدم مثلا صحبة قانون الأجسام الساقطة بحرية وقانون القوى المستقلة في اشتقاق مسار القطع المكافئ للمقذوفات.

(2) هو النسق الذي لا تستبان فيه قوى العطالة، مثل قوى القصور الذاتي. غير أن اختبار قوة العطالة (أ) اختبار ذاتي؛ الشد والدفع المختبرين من قبل الملاحظ، كالجذب المركزي الخارجي في العربات الدوارة اوالاندفاع الأمامي الذي يحس به المسافر حين تخفف الحافلة من سرعتها فجأة. لذا فإن

المفهوم المعرف (النسق العطالي) لن يكون قابلا للتطبيق على أنساق مادية في الفضاء الخارجي، رغم أن قوانين الحركة توظف بالفعل في علم الفلك. أو (ب) يمكن لقوى العطالة أن تشتق **بالتعريف** حين لا تلائم التسارعات الملاحظة الصياغة F=m.a، على افتراض أن ما يسميه نيوتن القوى "المؤثرة" وحدها التي تحدث أثرا. فإذا دحرجت كرة على أرضية قطار متحرك، في اتجاه حركته، وتوقف القطار فجأة في ذات اللحظة، سوف يفوق تسارع الكرة الناتج نسبة القوة المؤثرة إلى كتلتها، وبذا يمكن اشتقاق فعل قوة عطالة (تعزى إلى تسارع القطار المطلق) بمجرد قياس مجموع تسارع الكرة وملاحظة أنه يفوق القدر المستلزم من قبل قانون الحركة. من البين أن هذا التعريف لقوة العطالة، ومن ثم تعريف نسق العطالة، لا يتسق والمحتوى الواقعي الذي تشتمل عليه قوانين الحركة.

(3) هو النسق الذي لا يتسارع نسبة إلى النجوم الثابتة. هذا هو التعريف الوحيد الذي يستخدمه علماء الفيزياء عادة، ربما لكونه "إجرائيا" ولأنه يحول دون جعل قوانين الحركة مجرد تحصيلات حاصلة غير مجدية. ولكن على اعتبار أن

"النجوم الثابتة" ثابت فردي، فإن "نسق العطالة" ليس إذا محمولا شــاملا إطلاقا، ما يحول دون كون قوانين الحركة، فضلا عن قــانون ثــبات ســرعة الضــوء في كل أنساق العطالة، قوانين أساسية.

3.الثبوت الزمني

يزعم البعض أن القانون الطبيعي يعد في أساسه علاقة دالــية تظل ثابتة عبر الزمن. "انتظام الطبيعة" لا يعني وفق هذه الــرؤية ســوى وجود علاقات دالية بسيطة نسبيا بين متغيرات ماديــة لا تتغير بمرور الزمن. وبالطبع، فإن نوع القانون الذي يقترح هذا التعريف هو القانون التفاضلي في الفيزياء الرياضية. هكــذا يعبر قانون الجاذبية عن تسارع الجسم المنجذب على أنه دالة للمسافة التي تفصله عن الجسم الجاذب: $d^2r/dt^2 = f(r)$. غير أنــه لا يتضح لماذا يتوجب اعتبار ثبوت العلاقات الدالية زمنيا أكثر أهمية من ثبوته المكاني. حين يصاغ القانون بشكل مكتمل، نجد أنه يقر: بالنسبة لأي جسم x يدور حول جسم مركزي كتلته M ولا يــتأثر إلا بجاذبــية هذا الجسم المركزي، بصرف النظر عن مكان حدوث هذه الحركة الدائرية، وبالنسبة لأي زمن t، إذا

كانت d^2r/dt^2 تحدد تسارع الجاذبية في x في t، وكانت r المسافة المتزامنة الفاصلة بين x والجسم المركزي، فإن $d^2r/dt^2 = G.M/r^2$. بتعبير المنطق الرمزي، المكمم الكلي الذي يحكم متغير الزمن ليس أقل أساسية لصياغة القانون بشكل تام من المكمم الكمي الذي يحكم متغير المكان. خلافا لذلك، قد نتساءل ما إذا كان المقصود من هذه العلاقة الدالية هو أن تسري فحسب على المجموعة الشمسية أو أي منطقة بعينها من الفضاء.

أيضا يجادل البعض بأن جزءا من تعريف "قانون طبيعي" يتعين في عدم كون متغير الزمن أحد العوامل التي ترتهن بها الدالة، وفي أنه لا يرد "صراحة" في المعادلة، رغم أنه قد يرد "ضمنا" عبر تعاريف بعض المشتقات (مثل التسارع). في مثالنا، يتطلب حساب تسارع الكوكب في لحظة ما الدراية بقيمة v في تلك اللحظة، دون أن يتطلب الدراية بالزمن. غير أن متغير الزمن يرد صراحة في معادلات الحركة المشتقة من المعادلات التفاضلية عبر حساب التكامل. اعتبر أبسط حالات المعادلات التفاضلية في الديناميكا الكلاسيكية، أعني المعادلة التي تصف حركة سقوط تحت تأثير قوة ثابتة:

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = g$$

بالتكامل نحصل على:

$$\frac{dz}{dt} = g . t. + v_1$$

حيث v_1 السرعة في اللحظة المبدئية t_1 (التي قد تكون صفرا أو لا تكون)، و t الزمن الذي مر. ثم أن:

$$z = ½ g . t^2 + v_1{}^1 + z_1$$

(إذا كان الموضع المبدئي z_1 صفرا، وكان الجسم يسقط من حال سكون، فإن المعادلة ترد إلى $z = ½ g. t^2$ ، قانون جاليليو، حيث g ثابت يحدد بالقياس). يبدو أنه لا مبرر لسحب لقب "قانون طبيعي" من معادلات الحركة التكاملية وقصر استعماله على حالة معادلات الحركة التفاضلية.

يشكل معيار ماكسويل مقاربة أكثر ملاءمة، كونه يعامل المكان والزمان على حد السواء فيما يتعلق بانتظام قوانين الطبيعة المصادر عليه. يتعين وفق هذا المعيار أن تخلو المعادلات التي تعبر عن قوانين الطبيعة من أي ذكر "صريح"

لإحداثيات الزمان والمكان. من البين أن "إحداثيات" هنا تعني قيما محددة للمتغيرات x,y,z,t، ولا تعني المتغيرات نفسها. وفق هذا، لا يعدو معيار ماكسويل أن يكون معيار الشمولية المطلقة مطبقا على قوانين الفيزياء الدالية. إذا توجب ألا يرد بشكل أساسي أي ثبات فردي في الجملة شبه القانونية، سوف يتم استبعاد أوصاف إحداثيات المواضع الزماكانية المعنية. مما سبق قوله في القسم الأول من هذا الفصل، يلزم أن القوانين الأساسية وحدها التي تستوفي هذا الشرط.

الاحتمال والمنطق الاستقرائي[34]

ردولف كارناب

---

[34] From Rudolf Carnap, *Logical Foundations of Probability* (Chicago: Univ. Of Chicago Press, 1951), pp. 1-3, 20-27, 163, 207-208, 221-226. Copyright 1950 by The University of Chicago.

ردولف كارناب واحد من الشخصيات القيادية في حلقة فينا وفي حركة "الامبيريقية المنطقية"، وقد درّس في جامعات فينا وبراغ. في الولايات المتحدة قام بالتدريس في جامعة شيكاجو من عام 1936 إلى عام 1953، ومنذ مغادرته إياها ظل يدرس في جامعة كاليفورنيا بلوس أنجلوس. ضمن أعماله المهمة العديدة نذكر: التراكيب المنطقية في اللغة، مقدمة لعلم الدلالة، أسس المنطق الرمزي الرياضي، المعنى والضرورة، وأسس الاحتمال المنطقية، الذي نقتبس منه هذه النصوص.

The Logical Syntax of Language; Introduction to Semantics; Foundations of Logic and Mathematics; and Logical Foundations of Probability.

---

1. إشكالية هذا الكتاب

تتحدد المهام الأساسية التي يضطلع بها هذا الكتاب في التالي:

1) توضيح، وإن أمكن تعريف، مفهوم **درجة التدليل**.

2) توضيح طبيعة **الاستقراء** المنطقي، وإن أمكن تشكيل نسق في **المنطق الاستقرائي**.

3) توضيح مفهوم **الاحتمال**.

عنايتنا في هذا المقام تقتصر على القليل من التوضيحات التمهيدية لهذه الإشكاليات.

I) حين يتحدث العالم من جهة عن قانون أو نظريا علمية أو جملة مفردة (تنبؤ على سبيل المثال)، ويتحدث مز أخرى عن معطيات ملاحظية أو نتائج تجريبية بعينها، غالبا م يقيم علاقة بين هذه الحدود في صياغات من القبيل التالي:

* "تدل هذه التجربة مرة أخرى على النظرية T (أو "... تطرح شاهدا جديدا على...).

* "تم التدليل على نظرية الكم عبر المعطيات التجريبية المعروفة في الوقت الراهن بدرجة تفوق تلك التي توفرت منذ عشرين عاما" (أو "... عززت بدرجة أقوى بـــ ... ").

عادة ما تكون مفاهيم الشاهد والتدليل أو درجة التدليل المستخدمة في مثل هذه الجمل مفهومة تماما نسبة إلى مقاصدنا العملية البسيطة، غير أنها لا تكاد تحظى بتوضيح مدقق فيه. تتمثل إحدى المهام الرئيسة التي يقوم بها هذا الكتاب في جعل هذا الضرب من المفاهيم دقيقا وفي طرح نظرية في العلاقات المنطقية القائمة بين أي فرض وأي قدر من المعلومات التي يمكن اعتبارها شواهد عليه.

2) إشكالية الاستقراء بمعناها الأكثر عمومية، المتعلقة بالفروض التي قد تتخذ أي شكل، لا الشكل الكلي وحده، تعد أساسا ذات الإشكالية الخاصة بالعلاقة القائمة بين الفرض وما يشهد عليه من أدلة. لهذا، فإن طرح تعريف لمفهوم درجة التدليل، وتشكيل نظرية منطقية تنهض على هذا المفهوم، يمكّنان من تشكيل نسق في المنطق الاستقرائي. وفي حين يمكن اعتبار المنطق الاستنباطي نظرية مؤسسة على مفهوم التالية المنطقية أو القابلية للاستنباط، يعد المنطق الاستقرائي نظرية مؤسسة على ما يمكن تسميته بدرجة القابلية للاستقراء، أي درجة التدليل.

3) وعلى نحو مماثل، تتعلق إشكالية الاحتمال بشكل وثيق بإشكالية الاستقراء. هذا أمر غالبا ما يلحظ على الأقل بخصوص أحد مختلف مناهج الاحتمال، الذي يسمى أحيانا بالاحتمال الاستقرائي، التي عرفها التطور التاريخي. سوف نحاول تبيان ضرورة القيام بالتمييز أساسا بين مفهومين للاحتمال: المفهوم الذي يعرّف عبر التكرار والمطبق امبيريقيا، والمفهوم المنطقي الذي يتماهى مع درجة التدليل. سوف نؤكد

أهمية كل من هذين المفهومين نسبة إلى نهج العلم، بحيث يتم حسم الجدل بينهما.

هكذا يستبان أن واحدة من المشاكل (أو عديدا منها) التي نرغب في مقاربتها تختص بالتالي. ثمة حد بعينه ("شاهد تدليلي"، "درجة تدليل"، "احتمال") يستخدم في اللغة والعلم، دون أن يتم تعريفه بشكل دقيق، نتغي محاولة استخدامه بطريقة أكثر دقة أو نقوم بتحليله.

تكمن مهمة التحليل في جعل مفهوم غير دقيق مفهوما دقيقا أو في استبدال الثاني بالأول. نسمي المفهوم المعطى (أو الحد المستخدم في الإشارة إليه) بالمحلَّل، ونسمي المفهوم الدقيق المقترح بديلا عنه (أو الحد المستخدم في الإشارة إليه) بالمحلِّل. قد ينتمي المحلَّل إلى اللغة اليومية أو إلى مرحلة سابقة من مراحل تطور لغة العلم. يتعين أن يُطرح المحلِّل عبر قواعد صريحة تقنن استخدامه، كأن يطرح باستخدام تعريف يقوم بدمجه في نسق مشكَّل بطريقة جيدة من المفاهيم العلمية المنطق_رياضية أو الامبيريقية.

II.التدليل، والاحتمال، والاستقراء

إجراء التدليل إجراء مركب يتكون من مكونات تنتسب إلى أنواع مختلفة. في هذا الكتاب نعنى فحسب بما يمكن تسميته بالجانب المنطقي من التدليل، أي بعلاقات منطقية محددة تقوم بين الجمل (أو القضايا المعبر عنها بهذه الجمل) وضمن ممارسة عملية التدليل. تعد تلك العلاقات مهمة نسبة إلى العالم في الموقف التالي على سبيل المثال. حين يرغب في اختبار فرض بعينه h فإنه يقوم بصياغة نتائج ملاحظاته، أو بصياغة القدر الأكبر مما يتعلق منها بفرضه، في شكل تقريرe، الذي يعد جملة طويلة. بعد ذلك يحاول أن يحدد ما إذا كان الشاهد الملاحظي e يدل على h، وإلى أي حد يدل عليه. نحن معنيون فحسب بهذا السؤال الأخير. سوف نعتبره سؤالا منطقيا لأنه ما أن تتم صياغة الفرض باستخدام h وتتم صياغة أي شاهد ممكن عبر e، الذي قد لا يكون الشاهد الذي تمت ملاحظته بالفعل، حتى يتم حل إشكالية ما إذا كانت e تدل على h، وإلى أي حد تدل عليه، بتحليل منطقي لكل من h و e وللعلاقة القائمة بينهما. ليس هذا سؤالا متعلقا بالحقائق، فالإجابة عنه لا ترتهن بالدراية بأي منها. صحيح أن الجملتينh و e، موضع الدراسة، تشيران

إلى حقائق، ولكن بالحصول عليهما، لا يتطلب السؤال سالف الذكر سوى القدرة على فهمهما، أي استيعاب معانيهما، فضلا عن إثبات علاقات مؤسسة على تلك المعاني. ولأننا نعتبر علم الدلالة نظرية في معاني تعبيرات اللغة، خصوصا جملها (وهذا أمر سوف نعنى بتوضيحه لاحقا)، يمكن اعتبار العلاقات القائمة بين h و e التي سوف نقوم بدراستها علاقات دلالية، وهذا هو سبب تسميتنا إياها **بمفاهيم التدليل الدلالية.**

اعتبرت مسألة التدليل التي نتناولها هنا مسألة منطقية. ولدرء سوء الفهم، يتعين أن نبدي التحفظ التالي. السؤال المطروح لا ينتمي إلى المنطق الاستنباطي بل إلى المنطق الاستقرائي... ثمة قاسم مشترك بين هذين الفرعين من فروع المنطق يتعين في أن حل إشكالياتهما لا يرتهن بالحصول على معرفة واقعية، بل يتوقف فحسب على تحليل المعنى، ما يستلزم أن كليهما ينتمي إلى علم الدلالة. يمكّن هذا التماثل من توضيح الخصائص المنطقية التي تختص بها علاقات التدليل بالقياس على علاقة نألفها في المنطق الاستنباطي، عنيت العلاقة التي نسميها في مصطلحنا "الاستلزام_L" (الاستلزام المنطقي في

مقابل الاستلزام المادي) القائمة بين h و e. هب أن e تقر أن "كل إنسان فان، وسقراط إنسان"، وأن h تقر أن "سقراط فان". لكل من h و e محتوى واقعي... بيد أن إجابة السؤال ما إذا كانت e تستلزم_L الفرض h لا تستدعي أية معرفة واقعية، فنحن لا نحتاج إلى معرفة قيم صدق أي منهما، ولا للدراية بما إذا كان هناك من يعتقد في صدق e ووفق أي أساس يعتقد في صحتها. كل ما هو متطلب هنا هو القيام بتحليل منطقي لمعاني تينك الجملتين. وعلى نحو مماثل، فإن الإجابة عن السؤال المتعلق بقدر التدليل الذي تحصل عليه h من التقرير الملاحظي e، وهو سؤال منطقي رغم أنه استقرائي لا استنباطي، لا تستدعي أية معرفة بقيم صدق أي منهما ولا بما إذا كان هناك من يعتقد في صحة e وما إذا كان اعتقاده ذاك يركن إلى ملاحظاته أو خيالاته أو أي مصدر آخر. كل ما نحتاجه هو تحليل منطقي لمعاني تينك الجملتين. هذا هو علة تسمية هذه الإشكالية بإشكالية التدليل المنطقية أو الدلالية، تمييزا لهما عما يمكن تسميته بإشكاليات التدليل المنهجية (مثال إشكالية تحديد أفضل طريقة لاستحداث أداة ما ولاستخدامها في تجارب بعينها،

ولإجراء هذه التجارب وملاحظة النتائج، ...، بغية القيام باختبار تجريبي لفرض معطى).

سوف نتناول في هذا الكتاب **ثلاثة مفاهيم دلالية للتدليل**. ورغم أن الشاهد في التطبيق سالف الذكر عادة ما يكون تقريرا ملاحظيا، والفرض قانونا أو تنبؤا، لن نقصر مفهومنا للتدليل على أي محتوى أو شكل بعينه تتخذه تانك الجملتان.

(1) **المفهوم التصنيفي للتدليل**: هو العلاقة القائمة بين الجملتين h و e التي تصاغ عادة عبر جمل تتخذ أحد الأشكال التالية:

"h مدلل عليها من قبل e".

"h معززة من قبل e".

"توفر e بعض الشواهد (الإيجابية) على h".

"e شاهد يدعم افتراض h".

كما في الأمثلة السابقة، e هنا تقرير ملاحظي، لكنها قد تشير أيضا إلى أوضاع بعينها لم تسبق لنا الدراية بها بل تم افتراضها، وقد تشتمل على قوانين مفترضة. من جهة أخرى، عادة ما تكون h جملة تتعلق بوضع نجهله (تنبؤ مثلا)، وقد

تكون قانونا أو أي فرض آخر. من البين أن هذا المفهوم للتدليل علاقة بين جملتين وليس خاصية أحادية تختص بها إحداهما... وبيّن أيضا أن الصياغات المألوفة التي تقتصر على ذكر إحداهما صياغات مختزلة، على اعتبار أن الشاهد مفهوم ضمنا. فحين يقول عالم الفيزياء "هذا الفرض مدلل عليه بشكل قوي"، فإنه يعني "... وفق شواهد النتائج الملاحظية المعروفة لدينا الآن".

(2) **المفهوم المقارني للتدليل:** الذي يعبر عنه عادة بجمل تتخذ الأشكال التالية، أو أشكالا مشابهة لها:

(ا) "درجة تدليل e على h تفوق درجة تدليل 'e على 'h".

لدينا هنا علاقة ثلاثية تقوم بين أربع جمل. ويمكن أيضا اعتبارها علاقة ثنائية تقوم بين زوجين من الجمل، h.e و h'.e'. بوجه عام ثمة اختلاف بين الفرضين h.h'، وكذا الشأن بين الشاهدين e,e'. قد يرتاب بعض العلماء في إمكان هذا النوع العام من المقارنة وقد يقومون بقصر تطبيق المفهوم المقارني على المواقف التي تتم فيها مقارنة شاهدين نسبة إلى ذات الفرض (المثال ب أدناه)، أو تلك التي يتم فيها اختبار فرضين

نسبة إلى ذات الشاهد (المثال ج). في هذين الحالين يكون المفهوم المقارني علاقة ثلاثية تقوم بين ثلاث جمل.

(ب) "تحصل نظرية النسبية العامة اليوم على دعم من التجارب المعملية والملاحظات الفلكية أقوى من الدعم الذي حصلت عليه عام 1905".

(ج) "الظواهر البصرية التي توفرت لدى علماء الفيزياء في القرن التاسع عشر تفسَّر بشكل أكثر ملاءمة بنظرية الضوء الموجية منها من النظرية الجسيمية؛ بكلمات أخرى، توفر تلك الظواهر دعما للنظرية الأولى أقوى من ذلك الذي توفره للنظرية الثانية"...

(3) **المفهوم الكمي (أو القياسي) للتدليل**: هو مفهوم **درجة التدليل**. يبدو أن ثمة اختلافا في الرأي حول ما إذا كان مثل هذا المفهوم يرد في أحاديث العلماء العادية، أي ما إذا كانوا يحددون قيمة عددية لقدر الدعم الذي يحصل عليه الفرض من الشواهد الملاحظية، أو ما إذا كانوا يستخدمون فحسب مفهومي التدليل التصنيفي والمقارني. في نقاشنا الراهن، نعلق الحكم بخصوص الإجابة عن هذه المسألة؛ وحتى إذا اتضح صحة

الرأي الأخير، سوف يكون من المجدي أن نحاول إيجاد محلِّل كمي للمحلَّل المقارني... في نقاشنا العام لمختلف الحلول، سوف نستخدم الرمز 'c' للإشارة إلى درجة التدليل. هكذا نعني من 'c(h,e) = q' "درجة التدليل على h نسبة إلى e هي q"، حيث h و e جمل، و r عدد حقيقي يقع بين 0_1...

تاريخ نظرية الاحتمال هو تاريخ محاولات العثور على تحليل لمفهوم الاحتمال قبل العلمي. عدد الحلول التي تم اقتراحها لهذه الإشكالية عبر تطورها التاريخي عدد هائل، ورغم أن الفروق بينها طفيفة في بعض الأحيان، إلا أنها بيّنة في حالات كثيرة...

لن نخوض في هذا المقام في نقاش هذه المفاهيم المختلفة. في حين أن اهتمام أصحاب وقراء مختلف نظريات الاحتمال يتركز عادة على الحلول المقترحة فيها، سوف نقوم بفحص تلك النظريات من منظور مختلف. لن نتساءل عن الحل الذي يطرحه المنظِّر بل عن الإشكاليات التي رامت نظريته حلها؛ بكلمات أخرى، لن نتساءل عن المحلِّل المقترح بل عن هوية المفاهيم المحلَّلة.

قد يبدو أن هذا السؤال تعوزه القيمة، كما أنه من البين أن محلِّل كل نظرية في الاحتمال هو المفهوم قبل العلمي للاحتمال، أي المعنى الذي تستخدم كلمة "احتمال" وفقه في اللغة قبل العلمية. ولكن، هل يصح افتراض وجود معنى واحد يرتبط بتلك الكلمة في استخدامها العادي، وعلى أقل تقدير، هل لنا أن نفترض أن هناك معنى واحدا تم اختياره من قبل أصحاب النظريات الاحتمالية بوصفه محلَّلا؟ حين ننظر إلى الصياغات التي يطرحونها لتوضيح أي معاني "الاحتمال" يرغبون في اعتباره محلَّلا، نعثر على عبارات تختلف باختلاف التعبيرات التالية: "درجة الاعتقاد"، "الجدارة بالثقة"، "درجة التوقع المعقول"، درجة الإمكان"، درجة مقاربة اليقين"، "درجة الصدق الجزئي"، "التكرار النسبي"، وكثير غيرها. إن هذه التعددية في العبارات إنما تبين أن افتراض أي محلَّل مفرد مشترك بين مختلف المنظرين افتراض باطل. قد نغرى حتى بالذهاب إلى حد الزعم بأنهم لا يتعاملون مع مفهوم واحد بل مع دزينة أو أكثر من المفاهيم المتباينة. على ذلك، أعتقد أن هذه التعددية مضلِّلة، إذ يبدو لي أن عدد المحلَّلات في مختلف نظريات

الاحتمال ليس واحدا ولا يقترب من الدزينة، وأننا إذا أغفلنا التنويعات الطفيفة واهتممنا بالجوانب الجوهرية، سوف نجد عددا قليلا منها، اثنين على وجه الضبط. في النقاشات التالية سوف نستخدم علامات سفلية كي نميز بين هذين المعنيين الأساسين للفظة "احتمال" اللذين تركن إليهما معظم نظريات الاحتمال المختلفة. وبالطبع فإننا نميز بين محلِّلين لا بين مختلف المحلِّلات التي تطرحها تلك النظريات متكثرة العدد. والمفهومان هما (1) **احتمال**$_1$ = درجة التدليل؛ (2) **احتمال**$_2$ = التكرار النسبي على المدى الطويل. إذا تحرينا الدقة سوف نقول إن هناك مجموعتين من المفاهيم، إذ ثمة نسبة لكل من (1) و (2) مفاهيم تصنيفية ومقارنية وكمية. على ذلك، لنا أن نغفل هنا هذه التمييزات...

... الموضوع الأساسي في هذا الكتاب هو إشكالية تحليل الاحتمال$_1$.

... تشكل نظرية مفهوم درجة الاحتمال، المؤسسة على تعريف صريح لهذا المفهوم، **منطقا استقرائيا كميا**. إذا لم نتمكن من إيجاد محلِّل كمي ملائم، أو إذا استحال كما يزعم البعض

إيجاده، سوف نضطلع بمهمة تعريف محلّل مقارني التي تعد أقل طموحا، والتي تفضي إلى **منطق استقرائي مقارني...**

سبق أن قمنا بتوضيح الاحتمال$_1$، المفهوم المنطقي للاحتمال، بوصفه محلّلا، وسوف نقوم بتحليله لاحقا بشكل مفصل. وفي هذا المقام نطرح بعض التوضيحات للاحتمال$_2$، بغية توضيح ما يميزه عن الاحتمال$_1$. نظرية الاحتمال$_2$ نفسها تتجاوز نطاق هذا الكتاب، الذي يتعامل مع المنطق الاستقرائي، ويُعنى من ثم بالاحتمال$_1$. ثمة مثال تقليدي على استخدام لفظة "الاحتمال" بمعنى الاحتمال$_2$ يقر:

"احتمال الحصول على آص من هذا النرد هو 1/6."

تشير مثل هذه الجملة إلى خاصيتين (أو فئتين) من الحوادث: الفئة الإشارية K، فئة رميات النرد هنا، والخاصية المحددة M، خاصية الرمي بأي نرد ينتج عنه آص. تقر الجملة أن احتمال$_2$ M نسبة إلى K هو 1/6، وهي تختبر بالبحث الإحصائي. نقوم برمي النرد المعني عددا كافيا من المرات n، كما نقوم بعد الرميات m التي تنتج آصا. إذا كان التكرار النسبي **m/n** للآصات في هذه السلسلة قريبا إلى حد كاف من 1/6، نقر أن

الجملة قد تم التدليل عليها. بالمقابل، تفهم الجملة على اعتبار أنها تتنبأ بأن التكرار النسبي للأصات الناتجة عن رمي هذا النرد مرات عديدة سوف يكون 1/6. إننا نسلم بأن هذه الصياغة ليست دقيقة، غير أننا لا نقصد منها سوى التلميح إلى معنى "الاحتمال$_2$" بوصفه محلَّلا. أما جعل هذا المفهوم دقيقا، فمهمة يقوم بها المحلِّل...

نحدد الآن باختصار خصائص بعض أهم أنواع الاستدلال الاستقرائي، دون أن نزعم أن القائمة التالية جامعة أو أنه لا تداخل بين عناصرها.

1) **الاستدلال المباشر**، أي الاستدلال من المجموعة الكلية على العينة. (يسمى أيضا بالاستدلال الداخلي أو الهابط). قد تقر c تكرار الخاصية M في المجموعة الكلية، وكذا شأن h نسبة إلى عينة تلك المجموعة.

2) **الاستدلال التنبئي**، أي الاستدلال من عينة على أخرى منفصلة عنها. (يسمى أيضا بالاستدلال الخارجي). هذا هو أكثر أنواع الاستدلال الاستقرائي أهمية وأساسية... **الحالة**

الخاصة التي تكون فيها العينة الثانية مكونة من فرد واحد يسمى **باستدلال التنبؤ المفرد**...

3) **الاستدلال عبر المناظرة**، الاستدلال من فرد على آخر وفق ما يُعرف من أوجه تشابه بينهما.

4) **الاستدلال المعكوس**، الاستدلال من عينة على المجموعة الكلية. (يسمى أيضا بالاستدلال الصاعد). يحتاز هذا النوع من الاستدلال على أهمية في سياق المسائل الإحصائية العملية، تفوق تلك التي يحظى بها الاستدلال المباشر، لأننا عادة ما نحصل على معلومات إحصائية تقتصر على العينات التي تمت ملاحظتها بالفعل، بحيث تعوزنا المعلومات الخاصة بالمجموعة الكلية. لقد حظيت مناهج الاستدلال المعكوس (الذي يسمى غالبا "الاحتمال المعكوس") بكثير من الاهتمام في المرحلة الكلاسيكية وفي علم الإحصاء الحديث. الواقع أن الجدل حول سلامة المناهج التقليدية الخاصة بالاستدلال المعكوس قد شكلت أحد العوامل الرئيسة في تطور مناهج الإحصاء الحديثة.

5) **الاستدلال الكلي**، الاستدلال من العينة على فرض ذي صياغة كلية. غالبا ما يعد هذا الاستدلال أكثر أنواع الاستدلال

الاستقرائي أهمية. الواقع أن لفظة "الاستقراء" غالبا ما اقتصر تطبيقها في الماضي على الاستقراء الكلي...

III.في إمكان منطق استقرائي كمي

حين يتم تطوير المنطق الاستقرائي الكمي ــ وهذه مهمة لم يقدر لها أن تنجز حتى الآن، ولا يعد هذا الكتاب بإنجازهاــ بحيث يكون قابلا للتطبيق على لغة الفيزياء بأسرها، سوف يمكّن من تحديد على سبيل المثال أي زوج من زوجين من الفروض الفيزيائية يحصل على دعم أقوى من قبل فئة من النتائج الملاحظية، ما يجعله مفضلا من وجهة نظر استقرائية. يشير المرتابون في إمكان تشكيل منطق استقرائي كمي، وهم محقون في هذا الخصوص، إلى حقيقة مفادها تنوع العوامل المؤثرة في اختيار الفرض في ممارسة العلم. بعض منهم يعتقد أن تحديد هذا التخير عبر صيغ حسابية بسيطة لا يقل منافاة للعقل عن تحديد، نسبة لكل رجل، المرأة التي يناسبه زواجها.

وللحكم على مثل هذه الاعتراضات، من المهم أن نعي بشكل واضح طبيعة المنطق الاستقرائي والمهمة المنوطة به، خصوصا ما يميزه عن نهج الاستقراء. ليس بمقدور المنطق

الاستقرائي بمفرده تحديد أفضل الفروض نسبة إلى الشاهد المتوفر، إذا كنا نعني بأفضل الفروض ذلك الذي سوف يفضله العلماء المهرة. السبب في ذلك إنما يرجع إلى أن هذا التفضيل تحكمه عوامل متعددة ومتنوعة ، بعض منها منطقية، منهجية، وأخرى ذاتية صرفة...

... إذا أفكر عالم الفيزياء فيما إذا كان يتعين عليه قبول فرض عوضا عن آخر وفق نتائج ملاحظية متوفرة لديه، لن يكون في وسعه أن يفيد من المنطق الاستقرائي إلا في جانب واحد. اذسوف يحدد له هذا المنطق ما إذا كان الشاهد يدعم فرضا بدرجة أقوى من تلك التي يدعم وفقها فرضا آخر. إذا كان المنطق الذي يستخدمه ليس مقارنيا فحسب، بل كمي أيضا، سوف يحدد له درجة دعم الملاحظات لفرضه، أي درجة الاستلزام المنطقي الجزئي. غير أنه لن يفيد من هذا العون إلا إذا كان المنطق الاستقرائي قد بلغ حدا كافيا من التطور وتمكن هو من إيجاد سبيل لتطبيقه على حالته الخاصة. أما سائر العوامل الأخرى التي تؤثر في تفكيره وقرراه فتتجاوز نطاق المنطق الاستقرائي...

حتى لو قمنا بالتمييز بشكل واضح بين العوامل المنطقية والعوامل المنهجية وغير المنطقية، تظل مسألة إمكان منطق استقرائي كمي بعيدة عن الحسم. تبقى على وجه الخصوص إشكاليتان: هل يتسنى قياس العوامل المنطقية، بحيث تحدد لها قيم عددية؟ وهل بالمقدور إيجاد دالة رياضية لتلك القيم العددية تمثل درجة التدليل، أي محلِّل كمي ملائم للاحتمال1؟...

يرتاب بعض الطلاب أو يقولون باستحالة طرح تقويم عددي حتى لبعض العوامل التي اعتبرناها منطقية. دعونا نفحص كمثال العوامل التي يذكرها كرايس في هذا الخصوص. بعد أن يناقش الاستدلال بالمناظرة... تراه يتحدث عن الاستدلال الاستقرائي الكلي الذي يفضي من الخبرة إلى قوانين، أي إلى جمل ذات محتوى كلي. يقول كرايس، "وعلى وجه الخصوص، إذا احتازت جملة من هذا القبيل على نتائج شديدة التنوع وقابلة للتطبيق على حالات كثيرة، بحيث يكون بالمقدور تأسيسها على نتائج خبراتية متنوعة، لا سبيل لإنكار استحالة وجود مقياس عددي لهذا التأسيس أو التدليل الامبيريقي. البحث عن قيمة عددية لمدى يقينية قانون العطالة أو مبدأ بقاء الطاقة مثلا

محاولة واهمة، وكذا الشأن نسبة إلى المبرهنات الأقل دعما في هذا المجال أو في غيره من المجالات. بالنسبة إلى أية جملة من هذا القبيل، بسط ودقة تدليلها الامبيرقي، وغنى وخصوبة تطبيقها، وليس أقل من ذلك الاعتراضات ضدها التي يتعين الخلاص منها عبر افتراضات جديدة، كل هذه عوامل تحول من حيث المبدأ دون أي تحديد عددي"[35]. بقوله "من حيث المبدأ" يشير كرايس إلى رغبته في إغفال الصعوبات الناجمة عن حقيقة كون مناهج المنطق الاستقرائي لم تتطور بعد إلى حد كاف، وحقيقة أن التعقيد الهائل الذي ينطوي عليه الموقف نسبة إلى أمثلته قد يحول عمليا دون القيام بتحديد عددي. **من العوامل** التي يأتي على ذكرها، تعد التالية عوامل ذات طبيعة منطقية: بسط المواد الملاحظية المدللة؛ وتنوعها؛ ودقتها؛ وبسط (وتنوع ودقة) المواد الداحضة.. في النص المقتبس، يصدر كرايس حكمين مختلفين بخصوص هذه العوامل. إنه يقر (1) أن " كل هذه عوامل تحول من حيث المبدأ دون أي تحديد عددي"، ولذا (2) "يستحيل وجود مقياس عددي لهذا ... التدليل الامبيريقي".

[35] J. von Kries, *Die Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechhnung*, Freiburg, 1886, pp.25 *f.*

يتوجب التسليم بالصعوبة الكأداء المتضمنة في (2) والتي سوف نعنى بنقاشها في الجزء التالي. غير أن الإقرار (1) يبدو مفاجئا، إذ أن نقيضه يبدو واضحا، كما أنه مفترض بوجه شبه عام من قبل العلماء.

دعونا نقم بفحص دقيق لهذا الحكم. إنه يقر أنه يستحيل من حيث المبدأ تحديد قيمة عددية للعوامل التي يأتي على ذكرها ــ بصرف النظر عن مسألة ما إذا كان بالمقدور استخدام هذه القيم في تحديد درجة التدليل. هناك بداية إشكالية إحصاء عدد الحالات التدليلية والداحضة للفرض الكلي المعطى h في التقرير الملاحظي المعطى e. صحيح أن ثمة صعوبات متضمنة في هذه المسألة، رغم أنه كثيرا ما يغض الطرف عنها. عادة ما يفترض، نسبة إلى كل المقاصد العملية، وضوح ما يُعنى بالحالة المدلِّلة والحالة الداحضة لــ h، ومن ثم ما يعنيه عدد هذه الحالات في e. لقد كان كارل همبل، في بحثه في مفهوم التدليل، أول من نبه إلى الصعوبات المتضمنة في تلك المفاهيم... بالمقدور إيجاز الصعوبة الأساسية على النحو التالي. هب أن h

هو القانون البسيط $(x)\ (Mx \rightarrow M'x)$،[36] حيث " M "، " M' " محاميل جزيئية. قد تكون h مثلا كل البجع أبيض. هب أيضا أن s هي " Mb . M'b " (أي أن"b بجعة بيضاء"). يبدو من الطبيعي اعتبار s حالة تدليلية على القانون h. افترض الآن أن j هي " Mc . M'c " ("c بجعة ليست بيضاء"). سوف يبدو من الطبيعي أيضا أن نعتبر j حالة داحضة لـــ h. افترض الآن أن 's تقر " Md . M'd " ("d ليست بجعة ولا بيضاء"). قد نغرى في البداية باعتبار d حالة غير متعلقة بالفرض h، أي بإقرار أنها ليست حالة تدليلية عليه ولا داحضة له. ولكن، هب أن 'h قانون يقر $(x)\ (M'x \rightarrow Mx)$ ("كل ما ليس بأبيض ليس بجعة"). علاقة 's بـــ 'h هي ذات علاقة s بـــ h، ولذا تعد d حالة تدليلية على 'h. غير أن h متكافئة_L مع 'h، فهما يعبران عن ذات القانون ولا يختلفان إلا من حيث الصياغة، ما يوجب على كل ملاحظة أن تدل عليهما معا أو لا تدل على أي منهما. من جهة أخرى، إذا

---

[36] [فـــي هـــذه الصياغة، (x) تعني "بصرف النظر عما تكونه x"، أو بإيجاز "بالنســـبة لكـــل x". هكـــذا تقر الصياغة في مجملها "بالنسبة لكل x، إذا كانت x تختص بالخاصـــية M، فـــإن x تختص بالخاصية 'M"، أو "كل M هو 'M". الرمز "_" يعني "ليس"] (المحرر).

وجد من يرغب في اختبار القانون الذي يقر أن كل البجع ابيض شيئا ليس بعجة، حجرا مثلا، ولاحظ أنه رمادي اللون وليس أبيض، من المرجح أن يتردد في اعتبار ملاحظته حالة تدليلية على ذلك القانون. نقترح تسمية هذا اللغز بمفارقة همبل، كونه أول من أشار إليه وطرح حلا له...

يقترح همبل تعريفا لمفهوم الحالة التدليلية يفترض أنه يتغلب على هذه الصعوبة فضلا عن صعوبات متضمنة أخر. حتى لو كانت هناك شكوك حول كون تعريف همبل أضيق مما يجب، يبدو من المعقول أن نفترض إمكان الحصول على تعريف ملائم. وعلى أي حال، لم يتسن بعد لأحد طرح أية أسباب تسوغ الحكم باستحالة إيجاد مثل هذا التعريف من حيث المبدأ. على العكس تماما، يتحدث العلماء تكرارا عن عدد الحالات التدليلية. قد يقول عالم الفيزياء على سبيل المثال إنه قام بإجراء ست تجارب لاختبار قانون بعينه وإنه اكتشف أنه مدلل عليه من قبل جميع الحالات الست. أيضا قد يقر الطبيب أنه جرب عقّارا جديدا على عشرين حالة مرضية وأنه وجد أنه ناجح في اثنتي عشرة حالة، فاشل في خمس، في حين أن

•

النتيجة لم تكن واضحة في سائر الحالات الثلاث، مشيرا بهذا إلى حالات تدليلية وأخرى داحضة وثالثة غير متعلقة بفرضه الذي يقر إيجابية آثار عقاره نسبة إلى المرض المعني. في مواقف أخرى، يكون تطبيق مفهوم الحالة التدليلية أقل وضوحا. لكن هذا إنما يبين أن المفهوم غامض في جوانب بعينها. بيد أن كل المحلَّلات غامضة بدرجة أو بأخرى، وهذه حقيقة لا تثبت استحالة طرح محلِّلات.

دعونا إذن نفترض، كما يبدو أن جل العلماء يفترضون ضمنا، إمكان تعريف مفهوم الحالة التدليلية؛ سوف يكون مفهوم الحالة الداحضة قابلا بسهولة لأن يعرّف. بعد ذلك نستطيع أن نحصي عدد الحالات التدليلية التي يشتمل عليها التقرير الملاحظي e. إذا كانت الحالات تنتمي إلى أنواع مختلفة، نستطيع تحديد عدد الحالات التدليلية الخاص بكل نوع. لن يصعب آنذاك تحديد مقياس لدرجة تنوع توزيع الحالات، وفق عدد الأنواع وأعداد حالات كل منها. إذا لم تكن الفروق بين الأنواع نوعية فحسب (ذكور وإناث مثلا، أو كائنات بشرية، كلاب، وخنازير هندية) بل كمية أيضا (أشخاص من أعمار،

أوزان، ودرجات ضغط دم مختلفة مثلا)، سوف تتوقف درجة التنوع أيضا على توزيع الحالات نسبة لكل من المقادير المتعلقة (مقاسة مثلا وفق الانحراف المعياري). بهذه الطريقة، نحصل على أعداد تحدد ما يسميه كرايس بسط وتنوع التدليل الامبيريقي. وبذات الطريقة، يمكن تحديد بسط وتنوع الحالات الداحضة عدديا.

يظل اعتبار كرايس الدقة التي تحقق الملاحظات وفقها القانون عاملا غير قابل للتقويم العددي أكثر مدعاة للاستغراب. إن هذا العامل لا يدخل في الاعتبار إلا إذا كان القانون يشتمل على مفاهيم كمية، مثال المقادير المادية، وكان التقرير e يشير إلى نتائج قياس تلك المقادير. لقد سبق أن تم تطوير مناهج لقياس الدقة بالمعنى المراد هنا منذ فترة طويلة في أحد فروع الإحصاء الرياضي يسمى بنظرية الأخطاء، وهي تطبق باستمرار في كثير من فروع العلم (فمثلا، غالبا ما تعتبر القيمة المتناسبة عكسيا مع الانحراف المعياري مقياسا للدقة)...

لا يتضح تماما ما يعنيه كرايس حين يقول إن القانون "قابل للتطبيق على حالات كثيرة" وحين يشير إلى "غنى

وخصوبة تطبيقاته". ربما يريد من "تطبيقات" القانون نتائج ملاحظية. لكن هذا يعني أن هذه العبارة لا تشير إلى عامل جديد بل تكرر بكلمات مغايرة ما سبق له إقراره. لعله إذن يعني من "تطبيقات" القانون تطبيقاته التقنية المفيدة عمليا. في هذه الحالة يكون العامل المشار إليه منهجيا أو تقنيا لا منطقيا، ما يستلزم أنه لا سبيل ولا مدعاة لأخذه في الاعتبار نسبة إلى مفهوم درجة التدليل.

لقد بيّن نقاشنا أن أولى محاجتي كرايس وآخرين، التي حاولوا بها إثبات استحالة وجود درجة كمية للتدليل، محاجة ضعيفة يمكن دحضها بسهولة. مفاد نتيجتهم هو أن هناك عوامل منطقية محددة، يقال بحق إن درجة التدليل ترتهن بها، لا تقبل التقويم العددي من حيث المبدأ. خلافا لذلك، رأينا أنه يمكن على نحو معقول تقويمها عدديا.

بعد الخلاص من أولى محاجتي كرايس وآخرين، التي حاولوا بها إثبات استحالة وجود درجة كمية للتدليل، يمكن صياغة المحاجة الثانية على النحو التالي: حتى إذا أمكن عزو قيم عدية لكل عامل من العوامل سالفة الذكر، التي ترتهن بها

درجة التدليل، يظل من المستحيل إيجاد تعريف لمفهوم كمي لدرجة التدليل يمثل بشكل ملائم هذا الارتهان، وذلك لأن الأدوار التي تقوم بها مختلف العوامل يختلف الواحد منها عن الآخر ويتنوع بتنوع الموقف، ما يحول دون تلخيصها في عدد بعينه.

ورغم أن هذه المحاجة لا تشكل إثباتا مقنعا للاستحالة المزعومة، إلا أن الظروف التي تشير إليها تستحق اهتماما مدققا، كونها تشتمل على صعوبات يتوجب على كل محاولة تبذل صوب تشكيل منطق كمي أن تواجهها.

[هنا يقوم كارناب بمناقشة محاجة كرايس الثانية ــ المحرر].

مقدمة للبساطة[37]

رتشارد ردنر

حصل رتشارد ردنر على درجة البكالوريوس من كلية الملكات وعلى درجة الماجستير والدكتوراه من جامعة بنسلفينيا. قام بالتدريس في كورنيل، تفتس، سوائمور، وجامعة ميتشجان، وهو الآن أستاذ الفلسفة ورئيس قسمها في جامعة واشنطن. أيضا فإنه يشغل منصب مدير تحرير مجلة "فلسفة العلم" وله العديد من الدراسات.

بصرف النظر عن السكينة أو عوز الوعي الذاتي الذي ينـــتاب العالم الممارس حين يقبل أو يرفض النظريات، لا سبيل لإنكـــار أن مسألة تشكيل تحليل فلسفي ملائم لمثل هذه الممارسة تظـــل فـــي حالـــة أزمـــتها المزمنة. لقد شهد الماضي القريب

[37] From Richard Rudner, "An Introduction to Simplicity", *Philosophy of Science*, XXVIII, No. 2, (April 1961), Pp. 109-115. Reprinted by permission of the author who is also editor of the journal.

محـــاولات بارزة ومفيدة (كتلك التي قام بها كارناب ورايكنباخ) لطـــرح ذلـــك التحليل أساسا في شكل **منطق للاستقراء**. ونسبة لمقاصد موضع انشغالنا الراهن، لا مدعاة لاستعادة اعتبار مدى صــحة الاعتراضـــات التـــي تبادلها أشياع نظريات الاستقراء "الموضوعية" أو "الإحصائية" مع أنصار "النظريات المنطقية في التدليل". والواقع أنه لا مدعاة حتى للخوض في المحاجات التي لا تدافع عن أي من ذينك الموقفين بل وجهت ضدهما، ولا تلك التـــي تدافـــع عـــن أحدهما وتوجه ضد تيارات "ثالثة" من قبيل نظـــريات الاحـــتمال "الذاتـــي" التي ظهرت في الآونة الأخيرة. الحقـــيقة المؤسفة هي أنه بخصوص الاعتراضات المقنعة ضد نظـــريات الاســـتدلال الاستقرائي، تعاني الأدبيات الفلسفية من ارتباك ناجم عن الوفرة.

على ذلك، فإن السبب الذي يحول دون قدرة أي من تلك الاعتـــبارات على إعاقتنا إنما يتعين في حقيقة أنه حتى إذا قدر لأي من برامج المنطق الاستقرائي سالفة الذكر أن تكتمل، بحيث تحقـــق مـــا أمّله أصحابها، فإنها لن تشكل قاعدة كاملة أو عامة للتخـــير بين النظريات. ثمة اعتبارات مغايرة للقوة التدليلية يعد

تقويمهـــا شـــرطا ضــــروريا للتخير العقلاني (أي الجدير بالثقة العلمـــية) بين الفروض. يمكن أن نشير إلى أحد تلك الاعتبارات الإضافية بالكلفة المرتبطة بقبول أي فرض، وثمة فلاسفة وكثير مـــن العلماء (بعض منهم معنيون بنظرية القرارات) شرعوا في الآونة الأخيرة في إيلاء تحليل هذا المفهوم الاهتمام الذي استحقه دومـــا. وبصرف النظر عن مدى أهمية وقدر الاهتمام بالمشاكل المـــتعلقة بتحليل الكلفة، فإننا لسنا معنيين بها في هذا المقام، بل يشـــغلنا اعتـــبار ثالـــث يعد تحليله هو الآخر شرطا ضروريا للحصول على نظرية ملائمة في الاستدلال الاستقرائي. وبطبيعة الحال فإنني أتحدث هنا عن **البساطة**.

حـــالات الإشـــارة إلـــى البســـاطة في العلم والفلسفة لا تحصـــى، وهي متنوعة إلى حد كبير من حيث المقصد والدقة. قـــبل الشـــروع فـــي العناية بأمر هذا المفهوم أو توكيد أهميته، يتوجـــب أن نقوم بقصر مجال الاهتمام على حد بعينه. يمكن لنا إنجـــاز ذلك عبر تصنيف كل الإشارات المتنوعة للبساطة التي ورثـــناها، بحد أدنى من التعسف، ضمن منظومة تصنيفية ليست معقدة. هكذا يمكن تصنيف استخدامات "البساطة" إلى **انطولوجية**

(مـــا بعـــد للغـــة) أو وصفية (لغوية). التصنيفات الفرعية لهذه الأصـــول هي **ذاتي** (سيكولوجي) **وموضوعي** (لا سيكولوجي). أيضـــا، مـــن المفيد أن نميز ضمن الاستخدامات **الوصفية** بين **التنويتـــي** (المتعلق بالرموز) **والمنطقي** (**البنيوي**). تكفي الأمثلة القلـــيلة التالية لتبيان ذات درجة الوضوح التي نحتاز الآن نسبة إلى هذه الأنواع الستة.

اعتـــبر بداية البساطة الانطولوجية. من البين أن كثيرا مـــن الناس الذين استخدموا لفظة "البساطة" أو مرادفاتها يريدون عـــزو خصائص بعينها للكون عوضا عن أوصافنا له. عندهم، الكـــون المفـــارق للغـــة، أو قطاع منه، هو الذي يقال عنه أنه يعرض أو يخفق في عرض درجة أو أخرى من البساطة. فضلا عـــن ذلـــك، فإن عزو خاصية البساطة قد تصنف بأنها **ذاتية** أو **موضوعية**، وقفا على ما إذا كان مفاد مقصدهم أن الكون بسيط (أو خـــلاف ذلـــك) **بشكل مستقل عن طريقتنا في إدراكه** أو أن الكون (المفارق اللغة) يدرك من قبلنا بوصفه بسيطا (أو خلاف ذلـــك). إذا كـــان المراد من الاستخدام هو أن "البساطة" محمول للعـــالم بشـــكل مستقل عن إدراكنا إياه، سوف يُصنف على أنه

انطولوجي_موضوعي. في المقابل، إذا فهمت "البساطة" على أنها محمول لاستجاباتنا (المفارقة للغة) للكون (المفارق لها)، سوف نعتبر هذا الاستخدام انطولوجيا_ ذاتيا. وبالطبع، فإن حالات عزو البساطة للكون ولاستجاباتنا له متكثرة في أدبيات العلم والميتافيزيقا، رغم أنها بدت لي دوما غامضة بشكل أساسي. ولكن، بعد أن ذكرنا أنفسنا بها، لا حاجة لنا بالتفصيل في أمرها أكثر مما هو متطلب لملاحظة أن البساطة الوصفية، عوضا عن الانطولوجية، هي التي تشكل موضع اهتمام نظريات الاستدلال الاستقرائي...

نلتفت الآن إلى اعتبارات لغوية، في مقابل الاعتبارات الانطولوجية، فنقر أن لنا أن نميز تحت مقولة **البساطة الوصفية** نوعين: البساطة الوصفية **التنويتية** والبساطة الوصفية المنطقية. مرة أخرى، ليس من شأننا في هذا المقام البت في أمر إمكان الدفاع عن التمييز بين هذين الضربين من بساطة الأوصاف. إنني باستخدام هذا التمييز إنما أشير إلى خصائص وصفية مختلفة من قبيل الاختزال في مقابل مدى المحاميل التي تشتمل عليها تلك الأوصاف. عزو البساطة لوصف ما وفق

خاصية تنويتية من قبيل عدد الرموز (الحروف الأبجدية مثلا) التي يشتمل عليها، بشكل مستقل عن استجاباتنا السيكولوجية لهذه الخاصية، يعتبر حالة للبساطة التنويتية_الموضوعية. من جهة أخرى، فإن عزو البساطة إلى الوصف وفق ألفة التنويت، أناقته، عمليته، فعاليته في التداول، أو أي من خصائصه الجمالية،...، سوف يعد حالة للبساطة التنويتية_الذاتية.

بهذا المعنى، لا تشكل البساطة التنويتية بنوعيها الموضوعي والذاتي موضع انشغالنا في النقاش التالي. ما نعنى به هو بساطة الوصف المنطقية (أو الصورية)، خصوصا منها الأوصاف التي تشكل نظريات علمية. فضلا عن ذلك، وعلى اعتبار أننا لسنا معنيين بكيف يستجيب الناس على المستوى النفسي للخصائص المنطقية التي تختص بها النظريات، لنا أن نحدد موضع عنايتنا في البساطة المنطقية_الموضوعية. الإشارات التالية، ما لم نقر خلاف ذلك، تقتصر على هذا النوع من البساطة.

تشكل ملاحظة أهمية اعتبارات البساطة نسبة إلى فلسفة العلم ظاهرة في الماضي القريب. ليس هذا أمرا مفاجئا كلية، في

ضــوء حقــيقة أن التطورات التي طرأت على المنطق، والتي ارتهن بتطبيقها كثير من الأعمال المهمة التي تم إنجازها، تشكل بدورهــا ظاهــرة في هذا القرن. ولكن بالرغم من أهمية طرح تحلــيل ملائم لمفهوم البساطة، اقتصر الاهتمام بإنجاز عمل مهم ومــؤزر فــي هــذا الخصــوص على حلقة صغيرة نسبيا من الفلاســفة. وفي الآونة الأخيرة، اتسعت هذه الحلقة بسبب الدفع الــذي لقيــته مــن النتائج الإيجابية والمفصلة التي خلص إليها خصوصــا البروفيسور جودمان. ومهما يكن من أمر، وبصرف الــنظر عــن بطء البدايات، ثمة أعمال يقوم بها عدد متزايد من الفلاسفة المقتدرين تنجز في الوقت الراهن، وبمقدورنا أن نؤمل فــي الحصول على حل إشكاليات البساطة التي استعصت علينا إلى حد جعل البعض يرتاب في إمكان حلها.

ولعل في التلميح لبعض جوانب علاقة البساطة بالنزعة التنظيمية أفضل وسيلة لتوكيد أهمية الحصول على تحليل ملائم لهذا المفهوم...

ليس النسق مجرد حلية من حلي العلم، بل هو ذات لبه. إنــنا لا نعني بهذا القول مجرد إقرار أن مهمة العلم لا تكمن في

تجميع معلومات اتفاقية معزولة لا رابط بينها، بل نعني أيضا أن أحـد مـثل العلم إنما يتعين في طرح تفسير منظم للعالم ــ أي الربط عبر علاقات منطقية بين مفاهيم وجمل تجسد أي قدر من المعلومـات يـتم احتيازه. الواقع أن مثل هذا التنظيم يعد شرطا ضـروريا لأداء العلـم اثنتيـن من وظائفه الأساسية: التفسير والتنبؤ.

العمـل الـذي سـبق إنجـازه بخصـوص البسـاطة الصـورية_الموضـوعية، كـالعمل الذي يتم إنجازه في الوقت الراهـن، يخفـق في طرح تحليل ملائم ومتكامل لهذا المفهوم. خلافا لذلك، استبين على وجه الضبط أن إشكاليات ذلك المفهوم تتشـعب إلى حد يستوجب بذل الكثير من الجهود. غير أن ما تم إنجـازه يوضـح أننا أصبحنا على جادة الدرب الصحيح ويبشر باسـتمرار تحقيق المزيد من التقدم. إنه إنجاز باهر، فكما نلحظ من الأدبيات، شكّل الشعور باليأس قبالة إشكالية تحليل البساطة (وهـو شـعور مستسر بدرجة أو أخرى)، أو التخلي عنها كلية، اسـتجابة سائدة عند أصحاب أقدر المهارات الذين عنوا بأمرها. دعونا إذن نراجع بإيجاز ما تم إنجازه.

يشـــار تكرارا إلى أن البساطة الصورية تشكل موضع اهتمام مشترك بين المقاربتين الأساسيتين اللتين اشتملت عليهما تلـــك الأدبيات. على ذلك ثمة فروق جوهرية تميز بينهما، وكما سوف أبين، ثمة أسباب تستدعي الريبة في تصنيف إحداهما على ذلـــك الـــنحو. تنحو إحدى تينك المقاربتين، الأكثر حداثة فيهما، صـــوب تحليل فكرة قياس البساطة الصورية للأسس المفهومية (أي المحمولية) للأنساق الوصفية أو النظريات. النتائج الإيجابية التـــي تـــم الخلاص إليها تعزى أساسا إلى رجل واحد، نيلسون جودمـــان، وهـــي نـــتائج يتضـــح أنهـــا تتعلق بمفهوم البساطة المنطقية_الموضوعية وفق التحديد سالف الذكر. ترتبط المقاربة الثانية، الأقدم عهدا، "بإشكالية موضعة المنحنى". وبالطبع، فإن فكرة وجوب أن يقوم العالم الذي يصادف معطيات يمكن تمثيلها فـــي شكل فئة من النقاط البيانية، باستقراء "أبسط" منحنى (أي "الأكثر سلاسة") أو بإيجاد دالة تصف تلك المعطيات، تعد فكرة فاشـــية. مـــن البين أن مثل هذا النصح يثير إشكالية تمييز أبسط دالـــة ضمن البدائل المتاحة. ما المعايير المقنعة للبساطة في هذا السـياق؟ فـــي ضـــوء مـــا سلف لنا ذكره، لن نعنى بالإجابات

المتســمة بطابع انطولوجي أو ذاتي. في العقود الثلاثة الأخيرة، فــيما يــتعلق بمعايــير البساطة الموضوعية، نسبة إلى إشكالية موضــعة المنحنى ، تحظى أعمال هارولد جفري، ك.ر. بوبر، وجــون كمني بأهمية خاصة. غالبا ما يشار إلى الإشكالية التي تشــكل موضع اهتمامهم تحت اسم "مشكلة البساطة الاستقرائية"، وهــي تســمية أعتــبرها مضللة إلى حد ما، رغم أنني سوف استعملها بسبب شيوعها.

قــد يعتقد أن محاولات تحليل مفهوم البساطة المنتظمة، مــن قبــيل محاولــة جودمان، تعني أساسا بخصائص البساطة المتعيــنة في فئات المصادرات. هكذا قد يغرينا القول، عن أي نظريتين ملائمتين على نحو متكافئ، إن الأقل منهما مصادرات تعد انطولوجيا الأكثر بساطة. بيد أن قليلا من إعمال الفكر يكفي لتبــيان أن هــذا المقترح ليس مفيدا ولا واعدا، ما يفضي بشكل طبيعي إلى وجوب اعتبار بساطة محاميل النظرية الأولية. ذلك أن عــدد مصادرات أية نظرية المتناهي يمكن أن يرد إلى واحد عــبر القيام بوصلها. وفق معيار عدد المصادرات، سوف تتكافأ كــل نظــرية مع النظرية التي تحقق الحد الأعلى من البساطة.

أيضـــا لا ســبيل لتحسين هذه النتيجة المنافية للعقل عبر طرح اشــتراط بدهـــي يــتعلق بعــدد المكونـــات الوصـــلية في فئة المصـــادرات. ذلـــك أنــــه إذا كان فحوى هذا الاشتراط هو أن المصادرة التي تتخذ على سبيل المثال الصياغة:

$$(f_x \cdot g_x)$$

أقل بساطة من المصادرة ذات الصياغة:

$$h_x$$

فإن الخلل في ذلك الاشتراط يتضح بمجرد أن نلحظ أنه يســهل دومـــا تشكيل (أي تعريف أو تحليل) محمول h بحيث تكون:

$$h_x \equiv (f_x \cdot g_x)$$

قضية صادقة منطقيا. وفق هذا، يمكن رد أية مصادرة تشــتمل علـــى عـــدد متناه من المكونات الوصلية إلى مصادرة تشتمل على مكون وصلي واحد، ما يستلزم أن كل المصادرات تعـــد وفـــق ذلك المعيار على ذات القدر من البساطة. حتى هذا المـــثال البسيط يوضح أن الحصول على معنى متعلق "للبساطة" يســتوجب تجـــاوز اعتـــبار عـــدد المصادرات أو مجمل بنيتها المنطقـــية، بحيث نستوعب البنية المنطقية التي تحتازها الأسس المحمولية في النظريات.

وطالمـــا أنـــه من المعقول افتراض أن النظريات التي تشـــكل موضـــع اهتمامنا تتقاسم ذات القدرات المنطقية، يتوجب العـــناية بالبســـاطة الصورية التي تختص بها المحاميل ما بعد المنطقية. الواقع أن هذا هو النهج الذي يتبناه جودمان. لقد تسنى لـــه نتيجة عمل استغرق عدة سنين، وعبر عملية تعديل يتعاظم قـــدر نجاحهـــا، تشـــكيل حساب لبساطة المحمول يوفر مقياسا لبســـاطة الأســـس المحمولية الخاصة بمختلف الأنماط المنطقية المـــتعلقة. بوجـــه عـــام، وبشكل لا مناص من غموضه، يمكن اعتـــبار تحديد جودمان لقيم البساطة مرتهنا بالطريقة التي تقوم بها محاميل النظرية ما بعد المنطقية، عبر خصائص منطقية من قبيل الانعكاسية أو التماثلية، بتنظيم الكينونات التي تشكل محتوى النظرية الكلي.

لفهـــم فحـــوى عمل جودمان من المهم أن نتجنب خلطا (نادرا ما وفق منتقدو عمله في تجنبه)، عنيت الخلط بين بساطة الأساس وقدرته. تتكافأ قدرات فئات المحاميل الخاصة بالنسقين S و 'S إذا كـــان بالمقدور تعريفهما على نحو متبادل. هب أنه لـــيس هناك محمول ينتمي إلى فئة محاميل S معرّف عبر أي

محمول آخر في S. لو كانت قدرة الأساس متماهية مع بساطته، "لما كان هناك أساس أبسط لـ S ... [يمكن الحصول عليه] ... من اعتبار كل محاميل S أولية"[38]. بيد أن ما نرغب في قياسه إنما يتعين على وجه الضبط في بساطة نسق آخر S' الأعظم قدرا الذي يعد أساسه الأولي "أضيق" (أي نسق يقوم أساسه بالتنظيم عبر تعريف سائر المحاميل باستخدام فئة جزئية من عددها الكلي في النسق) نسبة إلى نسق S أساسه هو الأساس الممكن "الأوسع". إننا نستهدف في نهاية المطاف اقتصادية النسق: وكما أننا نحصل على مؤشر لاقتصادية السيارة لا من الدراية بالمسافة التي قطعتها بل من قدر الوقود الذي احتاجته لقطع تلك المسافة، فإن الأمر لا يختلف مع اقتصادية النسق. إن قدرة النسق تناظر تماما المسافة التي تقطعها السيارة في أن الدراية بها لا تكفي وحدها لقياس مدى اقتصاديتها. لتحديد مدى اقتصادية النسق نشترط أيضا مقياسا لبساطة قاعدته، وهذا ما يروم حساب جودمان توفيره.

[38] N. Goodman, "Recent Developments in the Theory of Simplicity", *Philosophy and Phenomenological Research*, XIX (1959). P. 430.

الجزء الثاني

مقاربات تاريخية

البارادايم ونماذج لإساءة تأويل العلم[39]

تومس كون

حصل تومس كون عل درجة الماجستير والدكتوراه في الفيزياء من جامعة هارفارد؛ غير أنه شرع منذ أن كان طالبا في الدراسات العليا في دراسة تاريخ العلم، حتى أصبحت مثار اهتمامه الاحترافي. شغل منصب أستاذ تاريخ العلم في جامعة كاليفورنيا، في بركلي، وهو يدرّس الآن في جامعة برنستون. من مؤلفاته "الثورة الكوبرنيكية: علم فلك الكواكب في تطور الفكر الغربي"، و "بنية الثورات العلمية".

"Planetary Astronomy in the Development of Western Thought", and "The Structure of Scientific Revolutions".

---

[39] From Thomas Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (Chicago: University of Chicago Press, 1962), pp. 77,79,81-84,102,119-121,125-128,139-140,144-146, *Passim*. Copyright 1962 by The University of Chicago.

(أفدت من ترجمة شوقي جلال من هذا الكتاب، التي ظهرت تحت عنوان "بنية الثورات العلمية"، سلسلة عالم المعرفة، الكويت، 1992)[المترجم].

... ليســت هناك عملية كشف تاريخ التطور العلمي النقاب عنها تشبه بأي حال النموذج المنهجي الخاص بالدحض عبر المقارنة المباشــرة بالطبيعة. لا يعني هذا أن العلماء لا يقومون برفض الــنظريات العلمية، كما لا يعني أن الخبرة والتجربة لا تقومان بــدور فاعل في عملية رفض تلك النظريات. لكنه يعني... أن عملية الحكم التي تقضي بالعلماء إلى رفض نظرية سبق قبولها تــنهض دومــا على ما هو أكثر من مجرد مقارنة هذه النظرية بالعالم...

... ليس ثمة بحث علمي يخلو من الحالات المخالفة. إذ ما الذي يمــيز العلم القياسي عن العلم حال الأزمة؟ بالتوكيد أنه لا يتمثل فــي كــون العلم القياسي لا يواجه حالات مخالفة. على العكس تمامــا، فإن الأحاجي التي تشكل هذا الضرب من العلم لا توجد إلا لأنــه ليس هناك نموذج أمثل (بارادايم)، يوفر قاعدة للبحث العلمــي، ينجح في حل كل إشكالياته بشكل تام. النماذج المثلى القليلة التي بدت أنها نجحت في ذلك (البصريات الهندسية مثلا) مــا لبثــت أن توقفــت عن إثارة الإشكاليات البحثية وأصبحت عوضــا عــن ذلــك أداة يوظفهــا المهندسون. وإذا ما استثنينا

الإشـــكاليات المتعلقة حصرا بالأجهزة التقنية، يمكن اعتبار كل إشكالية يجدها العلم القياسي أحجية حالة مخالفة ومن ثم مصدرا للأزمة. ..

... حـــالات التضارب لا تختفي إطلاقا. وحتى أكثرها عنادا لا يلبـــث أن يمتثل للممارسة القياسية... في العقود الستة التي تلت حسابات نيوتن الأصلية، لم تتم ملاحظة سوى نصف ما تم التنبؤ بـــه فيما يتعلق بحركة أقرب نقطة على سطح القمر إلى الأرض (حـــركة القمـــر نحـــو الحضيض). وبينما واصل أفضل علماء الفـــيزياء الـــنظرية فـــي أوربـــا دون نجاح محاولتهم حسم هذا التضـــارب، اُقـــترح فـــي بعض المناسبات تعديل قانون التربيع العكسي الذي قال به نيوتن. بيد أن أحدا لم يحمل تلك المقترحات محمـــل الجد، وقد أثبتت التجربة أن التريث مع حالات الشذوذ الأساســـية ســـلوك له مـــا يبرره. هكذا تمكن كليروت في عام 1750 مـــن تبـــيان أن الخلل إنما يعزى إلى أخطاء في تطبيق الرياضـــيات، وأن بمقدور النظرية النيوتونية أن تصمد كسالف عهدها. حتى في الحالات التي لم يكن بالمقدور عزو الخلل إلى أخطـــاء مـــن هكذا قبيل (ربما لأن الرياضيات المستخدمة أكثر

بساطة أو من نوع أكثر ألفة سبق له أن طبق بنجاح في سياقات أخر)، لا تقوم حالات الشذوذ المستمرة والمعترف بها دائما بإثارة أزمة. لم يرتب أحد في النظرية النيوتونية بسبب التضارب الذي لوحظ لفترة طويلة بين تنبؤاتها وكل من سرعة الصوت وحركة عطارد. لقد تم حسم التضارب الأول في نهاية المطاف وبشكل مفاجئ بتجارب في الحرارة أجريت تحقيقا لمقاصد مغايرة تماما. أما الثاني فقد تلاشى بحلول النظرية النسبية العامة التي استحدثت عقب حدوث أزمة لم يكن له دور في إثارتها. لم يبد أي منهما أساسيا إلى حد يمكن من إثارة القلق الذي يصاحب الأزمة. لقد كان بالمقدور اعتبارهما حالات مخالفة وأن يطرحا جانبا إلى أن يأتي الدور عليهما لاحقا.

يلزم عن هذا أنه إذا كان للشذوذ أن يحدث أزمة فإنه عادة ما يتوجب أن يكون أكثر من مجرد شذوذ.. يتعين علينا إذن أن نتساءل عما يجعل الشذوذ جديرا بالاهتمام المنظم المتضافر، وهذا سؤال قد لا تكون له إجابة عامة.. أحيانا يستدعي الشذوذ الارتياب في تعميمات صريحة وأساسية تقرها البارادايم، كما فعلت إشكالية سحب الأثير مع أشياع نظرية

ماكســويل. فــي أحــيان أخــرى، كما حدث في حالة النظرية الكوبرنيكــية، قد يتسنى لشذوذ لا يحتاز فيما يبدو على فحوى مهــم أن يثير أزمة طالما أن التطبيقات التي يحول دونها تحتاز على أهمية عملية خاصة، في هذه الحالة تصميم التقويم الشمسي والتنجيم.

... يفترض أن هناك ظروفا أخرى تجعل من الشذوذ أمرا ملحا علــى نحــو خــاص، وعادة ما يتضافر عدد منها... يتعين أحد مصــادر الأزمة التي واجهت كوبرنيكس في مجرد طول الحقبة الزمنية التي حاول علماء الفلك أثناءها دون جدوى حسم حالات التضارب التي ورثوها عن النسق البطلمي.

حين يبدو الشذوذ لأسباب من هذا القبيل اكثر من مجرد أحجــية أخرى من أحاجي العلم القياسي، تكون مرحلة الانتقال مــن مــرحلة الأزمة إلى مرحلة العلم القياسي قد أزفت. آنذاك يصــبح الشــذوذ أمــرا مسلما به في ذاته من قبل أغلبية أولي الاختصــاص، وهكــذا يتزايد قدر الاهتمام به من قبل القدرات الأكثر مهارة. إذا ظلت حالة الشذوذ تستعصي على الحسم، وهذا أمر نادر الحدوث، يشرع كثير منهم في اعتبار حسمها الموضع

الأساسي في أبحاثهم، وتتغير رؤيتهم لمجال بحثهم بحيث لا يعود يبدو على سابق عهده. يتعين مأتى ذلك التغير جزئيا في موضع تدقيق بحثهم العلمي الجديد، غير أن هناك مأتى أكثر أهمية يتمثل في الطبيعة المغايرة التي تضحي عليها العديد من الحلول الجزئية الناجمة عن الاهتمام المتضافر بالإشكالية. حالات الهجوم المبكرة ضد الإشكالية المستعصية كانت التزمت تماما بقواعد البارادايم، بيد أن بقاءها دون حل الزم القيام بتعديلات طفيفة، وقد لا تكون طفيفة تماما، في صيغة البارادايم، وقد تختلف هذه التعديلات وإن حققت كل طائفة منها قدرا من النجاح لا يكفي عادة لأن يشكل أي منها نموذجا أمثل تسلم الجماعة العلمية به. عبر هذه التعددية في التعديلات المتباينة (التي يتزايد وصفها بالآدهوكية) تصبح قواعد العلم القياسي أكثر ضبابية، ورغم أن البارادايم تظل قائمة، إلا أن عدد الممارسين الذي يسلم بها يتضاءل كثيرا، بل إن الحلول القياسية للإشكاليات التي سبق أن تيسر حسمها تصبح موضع ارتياب.

... تبدأ كل أزمة بمثل هذه الضبابية والتفكك في قواعد العلم القياسي، وتنتهي بانبثاق مرشح جديد بديل عن البارادايم، بما يتبع ذلك من جدل حول قبوله.

الانتقال في حال الأزمة من بارادايم إلى أخرى ينبثق عنها موروث علم قياسي جديد أبعد ما تكون عن العملية التراكمية التي تتحقق عبر تنقيح البارادايم أو بسط نطاقها. إنه يعتبر إعادة تشكيل للمجال وفق أسس جديدة بمقدورها أن تغير بعض تعميمات المجال النظرية الأكثر أساسية، فضلا عن الكثير من مناهج البارادايم وتطبيقاتها...

تقر النماذج المثلى المتعاقبة أشياء متغايرة عن مكونات العالم وعن سلوكيات هذه المكونات. إنها تختلف بشأن مسائل من قبيل وجود جزيئات دون ذرية، مادية الضوء، والحفاظ على الحرارة أو بقاء الطاقة. هذه هي الفوارق المادية بين النماذج المتلاحقة، وهي لا تحتاج إلى فضل بيان. غير أن النماذج المثلى تختلف فيما هو أكثر من ذلك، فهي ليست موجهة فحسب صوب الطبيعة بل موجهة أيضا في اتجاه معاكس صوب العلم الذي أنتجها. إنها تعد مصدر المناهج وميدان المشكلات ومعايير

الحلــول التــي تسلم بها أية جماعة علمية ناضجة في أية حقبة زمنــية. يلــزم عن ذلك أنه غالبا ما يحتم انبثاق بارادايم جديدة إعــادة تعــريف العلــم المناظر. هكذا تحال بعض الإشكاليات القديمــة إلى علم آخر، وقد تعد "غير علمية" أصلا. أيضا، ثمة إشــكاليات لم تكن موجودة أو عدت مبتذلة قد تصبح حلولها في ضوء البارادايم الجديدة أمثولة للإنجاز العلمي. وبتغير المشاكل، غالبا ما تتغير المعايير التي تميز بين الحل العلمي الأصيل وما هو مجرد تأمل ميتافيزيقي أو مماحكة لفظية أو ضرب من اللهو الرياضي. إن موروث العلم القياسي الذي ينبثق عن ثورة علمية لا يتعارض فحسب مع سالفه، بل يختلف معه في وحدات القياس بحيث لا يقبل المقارنة معه.

سوف يفضل كثير من القراء الحكم بأن ما يتغير بتغير الــبارادايم هــو مجرد تأويل العالم لملاحظاته المثبتة مرة وإلى الأبد بمقتضى طبيعة البيئة والأجهزة الحسية. وفق هذه الرؤية، رأى كــل مــن برســتلي ولافوازيه الأكسجين، ورأى كل من أرسطو وجاليليو بندولا، بيد أنهم اختلفوا في تأويل ما رأوا.

بـــيد أن مـــا يحدث إبان العلمية يعتنق بارادايم جديدة، عوضا عن أن يكون مؤوِلا، أشبه بالرجل الذي يضع على عينيه عدسات عاكسة. رغم أنه يصادف ذات ما كان يصادف، و رغم أنـــه يدرك هذا، إلا أنه يجد ما يصادفه قد تغير تماما من حيث التفاصيل...

أن العملـــيات والقياسات التي يضطلع العالم بأمرها في المعمل ليست "معطيات" الخبرة بل "حصاد المعاناة". إنها ليست مـــا يراه، أو على الأقل ليست ذات ما كان يراه قبل أن يتطور بحـــثه ويتركز انتباهه. خلافا لذلك، تعد تلك العمليات والقياسات مؤشـــرات واقعية تدل على إحساسات أكثر أولية، ولذا فإنها لا تصـــطفى موضـــعا للبحـــث القياسي الدقيق إلا لأنها تعِد بتهيئة المناســـبة لتفصـــيل مـــثمر فـــي البارادايم المسلم بها. العمليات والقياســـات محـــددة من قبل البارادايم على نحو أكثر بيانا من تحديد الخبرة المباشرة المستمدة جزئيا منها. إن العالم لا يتعامل مع كل ما يمكن معالجته في المعمل بل ينتقي ما يتعلق بمضاهاة الـــبارادايم مـــع الخبرة المباشرة التي تسهم البارادايم جزئيا في

تحديدهـــا. لهـــذا السبب، فإن العلماء الذين يسلمون بنماذج مثلى مختلفة يعكفون على معالجات معملية متباينة...

أمـــا عن اللغة الملاحظية البحتة، فهذا أمر لم يتسن بعد إنجـــازه... فلم يقدر بعد لأية محاولة راهنة أن تقترب من تشكيل لغـــة للمدركـــات الحســـية البحتة تقبل التطبيق العام. ثمة قاسم مشـــترك بيـــن المحـــاولات التي أوشكت أكثر من غيرها على تحقـــيق تلك الغاية يتعين في كونها تعزز العديد من التعاليم التي تقـــرها هـــذه الدراسة. لقد تمثلت النتائج التي أسفرت عنها تلك المحاولات في لغة تشبه اللغات المستخدمة في العلوم في كونها تنتظم جمعا من التوقعات المتعلقة بالطبيعة، وهي تخفق في أداء وظيفـــتها بمجرد أن يستبان بطلان تلك التوقعات... ليس بمقدور أيـــة لغـــة تقتصر على هذا النحو على إخبارنا عن عالم نعرفه مســـبقا بالكـــامل أن تقـــدم بـــيانات محايدة وموضوعية بشأن المعطيات الحسية، بل إن البحث الفلسفي لم يتمكن بعد حتى من التلميح إلى قدرات مثل هذه اللغة.

... بســـبب الخـــبرة المتضمنة في البارادايم عن العرق والثقافة والمهنة، يصبح عالم الباحث مأهولا بكواكب وبندولات ومكثفات

وخامـــات مركبة وخلاف ذلك. إذا قارنا موضوعات الحس هذه بقراءات أدوات القياس وانطباعات الشبكية، نجد أن هذه الأخيرة مكونـــات مفصـــلة لا سبيل لاتصال الخبرة بها إلا حال حرص العـــالم بســـبب مقاصـــده البحثية الخاصة على ترتيب المناسبة للاتصال بها..ليس في وسع العالم الذي ينظر إلى حجر متأرجح أن يحصل على خبرة تُعد من حيث المبدأ أكثر أولية من رؤيته بندولا. ليس البديل رؤية افتراضية "مثبّتة" بل رؤية عبر بارادايم أخرى من شأنها أن تجعل من الحجر المتأرجح شيئا آخر...

لا سبيل للشروع في البحث عن تعريف إجرائي أو لغة ملاحظية خالصة إلا بعد أن يتم تحديد الخبرة على هذا النحو...

...يتضـــمن عرض الكتب التدريسية أن العلماء كافحوا مـــنذ الـــبداية مـــن أجل تحقيق الأهداف الخاصة التي تجسدها النماذج المثلى الراهنة. هكذا يضيف العالم تلو الآخر، في عملية أشـــبه مـــا تكون بوضع اللبنة تلو الأخرى، حقيقة أو مفهوما أو قانونـــا أو نظرية إلى مجمل المعلومات التي تعرضها كتب العلم المعاصرة.

بيد أن العلم لا يتطور على هذا النحو. لم توجد كثير من أحاجـــي العلـــم القياسي المعاصر إلا عقب قيام أحدث الثورات العلمـــية، فقليل منها فحسب يمكن اقتفاء أثرها إلى أطوار العلم المـــبكرة. لقد واصلت الأجيال الأولى سعيها لحل مشاكلها وفق الأدوات ومعايير الحلول التي توفرت لها.

غير أن المشاكل لم تكن وحدها التي طالها فعل التغيير؛ لقد طال مجمل شبكة الواقع والنظرية التي تحاول البارادايم في الكتب التدريسية مطابقتها بالواقع....

... قليل من فلاسفة العلم أضحوا يلتمسون معايير مطلقة للتحقق من النظريات العلمية. بعد أن تسنى لهم أن يلحظوا أنه لا سبيل لإخضاع أية نظرية لكل الاختبارات الممكنة المتعلقة، لم يعودوا يتســـاءلون عما إذا كان بالمقدور التحقق من صدق النظرية بل عـــن احـــتمالها فـــي ضوء الشواهد المتوفرة. للإجابة عن هذا التســـاؤل اضـــطرت إحدى المدارس المبرزة إلى المقارنة بين قدرات النظريات المختلفة على تفسير الشواهد التي يتم الحصول علـــيها. أيضـــا فـــإن الإصرار على مقارنة النظريات يعد سمة واضـــحة للموقف التاريخي الذي يتم فيه التسليم بنظرية جديدة.

مـــن المرجح أن هذا النزوع يشير إلى أحد الاتجاهات المستقبلية التي سوف يسلكها نقاش التحقق.

تركـــن نظريات التحقق الاحتمالية في صياغتها الأكثر عمومية إلى أحد شكول اللغات الملاحظية التي سلف لنا نقاشها. هكـــذا تطلب منا إحداها مقارنة النظرية العلمية بسائر النظريات التي يمكن تخيل تطابقها مع مجموع المعطيات الملاحظية ذاتها، في حين تطلب منا أخرى تخيل مجموعة الاختبارات التي يمكن تطبـــيقها علـــى النظرية العلمية المعنية. بيّن أن مثل هذا التخيل ضـــروري للمقارنـــة بيـــن قيم احتمالية بعينها، مطلقة كانت أم نســـبية، غير أنه يصعب تصور تحقيق ذلك. إذا اتضح، وفق ما جادلـــنا، استحالة قيام نسق لغوي أو نسق مفهومي علمي محايد امبيريقـــيا، فـــإن تشكيل البدائل الاختبارية المقترح سوف يكون ملـــزما بالـــركون إلى موروث بارادايمي بعينه، ما يحول دون اتصـــاله بكـــل الخبرات أو النظريات الممكنة. نتيجة لذلك، فإن الـــنظريات الاحتمالية تعتم الموقف التحققي بقدر ما تعمل على توضـــيحه. ورغـــم أن هذا الموقف، كما تؤكد تلك النظريات، يرتهـــن بمقارنـــة الـــنظريات بشواهد سائدة، إلا أن النظريات

والملاحظـــات المعنـــية عـــادة ما ترتبط بشكل وثيق بنظريات وملاحظـــات قائمة بالفعل. التحقق شبيه بالانتخاب الطبيعي، إذ يـــتم اصطفاء الأقدر على البقاء من ضمن البدائل القائمة في أي موقـــف تاريخـــي. كونه أفضل بديل يمكن اختياره حال وجود بدائـــل أخرى، أو حال اختلاف المعطيات، مسألة لا جدوى من إثارتها، إذ لا أدوات لدينا تمكّن من حسمها.

غـــير أن كـــارل بوبر يقترح مقاربة مختلفة تماما لهذا الجمـــع مـــن الإشكاليات، فهو ينكر على وجه الإطلاق قيام أية إجراءات تحققية[40]. عوضا عن ذلك، فإنه يؤكد أهمية الدحض، أي الاختـــبار، كـــون نـــتاجه سـلبيا، ما يحتم رفض النظرية المكرســـة. مـــن البيـــن أن الـــدور الذي يعزى على هذا النحو للدحض يشبه الدور الذي تحدده هذه الدراسة للخبرات الشذوذية، أي إلـــى الخـــبرات التـــي تمهد الطريق، عبر إثارة أزمة، أمام نظـــرية جديـــدة. غـــير أنه لا سبيل لمماهاة مثل تلك الخبرات بالحالات الدحضية، بل إنني أرتاب في وجود مثل هذه الحالات أصلا. فكما وكدت مرارا، ليست هناك نظرية تنجح في حل كل

[40] K.R. Popper, "The Logic of Discovery" (N.Y., 1959), esp. ch. i – iv.

الأحاجـــي التي تواجهها في أية فترة زمنية، كما أن الحلول التي يتســنى الحصول عليها لا تكون كاملة. على العكس تماما، فإن عـــوز الكمال والدقة الذي يشوب تطابق المعطيات مع النظرية فـــي أي وقت هو الذي يحدد كثيرا من الأحاجي التي تميز العلم القياسي. لو كان كل إخفاق في المطابقة مبررا لرفض النظرية، لتوجـــب نبذ كل نظرية في كل وقت. من جهة أخرى، إذا كان الفشـــل الذريع وحده القادر على تبرير فعل نبذ النظرية، لاحتاج أشياع بوبر إلى معيار في "اللااحتمالية" أو "درجة الدحض". وما أن يشرعوا في تطوير مثل هذا المعيار حتى يجدوا أنفسهم قبالة ذات منجم المشاكل التي اعترضت سبيل أشياع مختلف نظريات التحقق الاحتمالية.

يمكن تجنب الكثير من الصعوبات سالفة الذكر بملاحظة أن كـــلا مـــن هذين المذهبين الشهيرين المتعارضين والمعنيين بالمنطق الأساسي للبحث العلمي قد راما دمج عمليتين متمايزتين إلـــى حد كبير في عملية واحدة. الخبرة الشذوذية التي يعنى بها بوبـــر تعـــد مهمـــة نسبة إلى العلم لأنها تشجع على قيام نماذج منافســـة للـــبارادايم القائمـــة. غير أن الدحض، رغم تحققه، لا

يصاحب ولا يحدث بسبب انبثاق حالة شذوذ أو دحض، بل يعد عملـية لاحقة ومائزة يمكن بالمثل وصفها بالتحقق، كونها تكمن في انتصار باردايم جديدة على البارادايم الأقدم عهدا. فضلا عن ذلـك، فـإن المقارنـة الاحتمالية بين النظريات إنما تقوم بدور مركـزي فـي هذه العملية التي يتضافر فيها التحقق والدحض. مـبلغ ظنـي أن هـذه الصياغة مزدوجة المراحل تمتاز بكونها أقـرب إلى جادة الصواب، وقد تمكننا من توضيح دور الاتفاق (أو الاخـتلاف) بين الحقيقة والنظرية في عملية التحقق. قد لا يكـون هناك معنى ذو شأن، نسبة إلى المؤرخ على أقل تقدير، لاقـتراح أن الـتحقق يثبـت تطـابق الواقع مع النظرية. كل الـنظريات التـي تحتاز على أهمية تاريخية اتفقت مع الحقائق، ولكن بشكل تقريبي فحسب. ليست هناك إجابة أكثر دقة للسؤال مـا إذا كانت النظرية تتطابق بمفردها مع الوقائع وكيف تتطابق معهـا. بـيد أنـه بالمقدور طرح أسئلة من هكذا قبيل حين يتم اعتبار النظريات بشكل إجمالي أو حتى مثنى مثنى. ذلك أنه من المفـيد كثيرا أن نسأل عن أي من النظريتين المتنافستين تتطابق بشكل أفضل مع الواقع...

النظرية الفيزيائية، الرياضيات، والتجربة[41]

بيير دوهيم

بيير دوهيم (1861- 1916) واحد من علماء الفيزياء الفرنسيين المبرزين في عصره، وقد أهتم خصوصا بمجال الديناميكا الحرارية. أيضا كان دوهيم أحد مؤسسي مجال تاريخ العلم الذي يعد مجالا حديثا، وذلك بعمله الباهر "ليونارد دي فينشي ونسق العالم، تاريخ التأمل الكوزمولوجي من أفلاطون حتى كوبرنيكس'. كتابه "غاية النظرية الفيزيائية وبنيتها" الذي نقتبس منه الفقرات التالية، يعد أحد أعظم كلاسيكيات فلسفة العلم، وهو يستشرف كثيرا من النقاشات الأحدث للعديد من القضايا.

Leonard de Vinci *and* Le System du Monde, *a history of cosmological speculation from Plato to Copernicus*; The Aim and Structure of Physical Theory.

1.النظرية الفيزيائية

[41] From Pierre Duhem, *The Aim and Structure of Physical Theory, trans.* P.P. Wiener (Princeton Univ. Press, 1954), pp.19-21, 23-24, 132-135, 144-145, 147, 185-190, 211-212, *passim*. Used by permission of Princeton Univ. Press.

ألا نستطيع تحديد غاية للنظرية الفيزيائية تجعلها مستقلة؟ وفق مبادئ لا تنشأ عن أية تعاليم ميتافيزيقية، يمكن الحكم على النظرية الفيزيائية بالركون إليها وحدها ودون التعويل على آراء علماء الفيزياء الذين يعتمدون على نزعاتهم الفلسفية.

أليس بمقدورنا تصور نهج قد يكون كافيا لتشكيل نظرية فيزيائية، بحيث تحجم، وفق تعريفها، عن استخدام أي مبدأ والركون إلى أي إجراء لا يحق لها استخدامه؟

إننا نرغب في التركيز على تلك الغاية وهذا النهج وأن نقوم بدراسة كليهما.

دعونا نطرح الآن تعريفا للنظرية الفيزيائية... النظرية الفيزيائية ليست تفسيرا، بل نسق من القضايا الرياضية يتم اشتقاقه من عدد قليل من المبادئ التي تروم تمثيل، بالقدر الأوفى من البساطة والكمال والدقة، فئة من القوانين التجريبية.

لجعل هذا التعريف أكثر دقة، سوف نقوم بتحديد خصائص العمليات المتلاحقة الأربع التي يتم عبرها تشكيل النظرية الفيزيائية:

1. ضمن الخصائص الفيزيقية التي نستهدف تمثيلها نختار تلك التي نعتبرها خصائص بسيطة، بحيث يفترض أن تكون سائر الخصائص تجميعات أو توليفات منها. أيضا نقوم بجعلها تناظر مجموعة بعينها من الرموز الرياضية والأعداد والمقادير باستخدام سبل قياسية ملائمة. ليس ثمة رابط ذي طبيعة جوهرية يربط هذه الرموز الرياضية بالخصائص التي تمثلها، فهي لا تتعلق بهذه الخصائص إلا بقدر ما تتعلق العلامة بالشيء الذي تشير إليه. عبر سبل القياس نستطيع جعل كل وضع من أوضاع الخاصية الفيزيقية يناظر قيمة للرمز الممثِّل، والعكس بالعكس.

2. نقوم بالربط بين مختلف أنواع المقادير، التي تطرح على النحو سالف الذكر، باستخدام عدد قليل من القضايا التي توظف بوصفها مبادئ استنباطية. يمكن تسمية هذه المبادئ "فروضا" بالمعنى الجذري لهذه اللفظة، فهي تشكل حقيقة الأسس التي تنهض عليها النظرية. غير أنها لا تزعم بأي حال إقرار علاقات حقيقية بين خصائص الأشياء الواقعية. على هذا النحو يتسنى صياغة هذه الفروض بطريقة اعتباطية. العائق الوحيد

الذي لا يمكن تخطيه والذي يحد من هذه الاعتباطية هو التناقض المنطقـــي بيـــن حدود ذات الفرض أو بين مختلف فروض ذات النظرية.

3.يـــتم التوليف بين مختلف مبادئ أو فروض النظرية وفـــق قواعـــد التحلـــيل الرياضي. معايير المنطق الجبري هي المعايـــير الوحـــيدة التي يتعين على المنظِّر الالتزام بها في هذه العملـــية. لا يفترض أن تكون المقادير المتصلة بحساباته متعلقة بوقائع فيزيقية، والمبادئ التي يستخدمها في استنباطاته لا تطرح على اعتبار أنها تقر علاقات فعلية بين تلك الوقائع. لهذا السبب، فـــإن كون العمليات التي يقوم بها تنجح أو تخفق في التناظر مع تغـــيرات فيزيقية حقيقة أو تغيرات يمكن تصورها أمر لا يحتاز على أهمية كبيرة. كل ما يحق لنا طلبه من المنظِّر هو أن تكون براهينه المنطقية سليمة وأن تكون حساباته دقيقة.

4. يمكـــن ترجمة مختلف النتائج التي يتم على اشتقاقها هـــذا النحو من الفروض إلى أحكام تتعلق بالخصائص الحقيقية للأشـــياء، مهمـــا بلغ عدد هذه الخصائص. المناهج التي تناسب تعـــريف الخصـــائص الفيزيقية وقياسها تشبه المفردات ومفاتيح

الترميز التي تسمح بالقيام بهذه الترجمة. إن تلك الأحكام بالقوانين التجريبية التي ترغب النظرية في تمثيلها. إذا كانت تقارب هذه القوانين إلى الحد الذي تقره إجراءات القياس المستخدمة، فقد تسنى للنظرية تحقيق غايتها، وتعد من ثم نظرية جيدة. خلافا لذلك، فإنها تعد نظرية رديئة يتعين تعديلها أو نبذها.

النظرية الصادقة إذن ليست نظرية تطرح تفسيرا لظواهر فيزيقية بطريقة تماثل الواقع، بل نظرية تمثل بطريقة مرضية مجموعة من القوانين التجريبية. وليست النظرية الباطلة محاولة للتفسير مؤسسة على فروض تخالف الواقع، بل هي مجموعة من القضايا تتعارض مع القوانين التجريبية. **الاتفاق مع التجربة هو المعيار الوحيد لصحة النظرية الفيزيائية**...

وبخصوص طبيعة الأشياء ذاتها، أو الواقع الكامن خلف الظواهر التي نقوم بدراستها، لا تقوم النظرية وفق تصورنا هذا بإخبارنا شيئا، بل إنها لا تزعم قدرتها على إخبارنا عن أي شيء. ما نفعها إذن؟ ما الذي يحصل عليه علماء الفيزياء

بالاستعاضة عن القوانين التي يعدها النهج التجريبي مباشرة بنسق من القضايا الرياضية يمثل تلك القوانين؟

بداية، عوضا عن عدد هائل من القوانين التي يستقل الواحد منها عن الآخر، بحيث يتوجب تعلم وتذكر كل منها بذاته، تطرح النظرية الفيزيائية عددا قليلا من القضايا، أو الفروض الأساسية. ما أن نعرف هذه الفروض، حتى يمكننا الاستنباط الرياضي بثقة كاملة من تذكر كل القوانين الفيزيائية دون حذف أو تكرار. إن هذا التكثيف لتعددية القوانين في عدد قليل من المبادئ يريح العقل البشري كثيرا، وقد يعجز العقل بدونها عن تخزين الثروة الجديدة التي يكتسبها يوميا...

من منحى أخرى، توفر النظرية، عبر تطوير التفريعات الهائلة الخاصة بالاستدلال الاستنباطي الذي يربط المبادئ بالقوانين التجريبية، نظاما وتصنيفا لهذه القوانين. إنها تقوم بالربط بين بعض القوانين بحيث تتقارب على نحو مرتب ضمن ذات المجموعة، وهي تعزل بين قوانين أخرى بوضعها في مجموعتين منفصلتين تماما. النظرية تطرح ما يشبه فهرس المحتويات والفصول الرئيسة التي يتم عبرها وضع تقسيمات

منهجية للعلم موضع الدراسة، وهي تشير إلى القوانين التي يتعين ترتيبها تحت كل فصل...

2.الرياضيات في النظرية الفيزيائية

الاستنباط الرياضي عملية وسيطة، فغايتها تكمن في تعليمنا أنه بناء على دعم الفروض الأساسية للنظرية، فان حدوث ظروف بعينها يستلزم حدوث نتائج محددة. إذا وقعت الحادثة كذا، سوف تحدث واقعة أخرى. فمثلا، سوف تخبرنا أنه وفق الدعم المتوفر لفروض الديناميكا الحرارية، حين نعرّض قطعة من الثلج لضغط معين، سوف تذوب حين يصل مؤشر الترمومتر إلى درجة بعينها.

ولكن هل يطرح الاستنباط الرياضي بشكل مباشر ضمن حساباته الوقائع التي نسميها ظروفا بالشكل العيني الذي تحدث وفقه؟ وهل تشتق منها الحقائق التي نسميها نتائج بالشكل العيني الذي نقره؟ بالتوكيد لا. الأداة المستخدمة في الضغط على قطعة الثلج، وجهاز الترمومتر أشياء يستخدمها عالم الفيزياء في المعمل، وليست عناصر تنتمي إلى ميدان الحساب الجبري. لهذا

السبب، فإن تمكين الرياضي من أن يضمّن في صياغته ظروف التجربة العينية، يتطلب ترجمة هذه الظروف إلى أرقام عبر وساطة القياسات. فمثلا، يتعين أن نستعيض عن عبارة "ضغط معين" برقم محدد للضغط الجوي يحل بدلا من الحرف P في المعادلة. وعلى نحو مماثل، ما يحصل عليه الرياضي في ختا حساباته عبارة عن رقم محدد. سوف يكون من الضروري أن نشير إلى نهج القياس كي نجعل هذا الرقم يناظر حقيقة عينية يمكن ملاحظتها؛ على سبيل المثال، لجعل القيمة العددية الخاصة بالحرف T في المعادلة الجبرية تناظر قراءة حرارية بعينها.

يتضح إذن أن لا سبيل يتسنى به لتطور النظرية الفيزيائية الرياضي، في نقطة بدئه ومنتاه، أن يلتحم بالحقائق الملاحظية إلا عبر الترجمة. تضمين ظروف التجربة في الحساب يستوجب قيامنا بإعداد صياغة تستعيض عن لغة الملاحظة العينية بلغة الأرقام. أيضا، فإن التحقق من النتيجة التي تتنبأ بها النظرية نسبة إلى التجربة، يتطلب ترجمة تحول القيمة العددية إلى قراءة تصاغ بلغة تجريبية. وكما سبق أن أشرنا، يعد نهج القياس المعجمَ الذي يمكّن من هاتين الترجمتين.

غير أن الترجمة نوع من الغدر؛ فالترجمة خيانة. ليس هناك إطلاقا تكافؤ تام بين أي نصين إذا كان الواحد منهما ترجمة للآخر. ثمة تباين هائل بين الحقائق العينية، كما يلحظها عالم الفيزياء، والرموز العددية التي تمثّل عبرها تلك الحقائق في حسابات النظرية...

دعونا نعتبر بداية ما سوف نسميه بالحقيقة النظرية، تلك الفئة من المعطيات الرياضية التي يستعاض بها عن حقيقة عينية في استدلالات المنظِّر وحساباته. مثال ذلك، كون الحرارة موزعة بطريقة ما في جسم معطى بعينه.

لا شيء غامض أو غير محدد في مثل هذه الحقيقة النظرية. كل شيء محدد بطريقة دقيقة: الجسم موضع الدراسة محدد هندسيا، جوانبه خطوط بالمعنى الذي تقره التعاريف الهندسية، إذ لا سمك لها، كما أن نقاطها لا أبعاد لها، والأطوال والزوايا التي تحدد الشكل معروفة تماما. لكل نقطة في هذا الجسم درجة حرارة مناظرة، وهذه الدرجة، نسبة إلى كل نقطة، رقم يتعين تمييزه عن أي رقم آخر.

قــبالة هذه الحقيقة **النظرية**، دعونا نضع الحقيقة **العملية** التــي تــترجم عــبرها. هنا لم نعد نلحظ أي قدر من الدقة التي تحققــنا منها لتونا. لم يعد الجسم شكلا هندسيا، بل قطعة مادية. مهما بلغت حدة حواشيه، لا واحد منها يشكل تقاطع سطحين، بل هــي حواشــي مدورة ونتوءات منبعجة. نقاطها أصبحت بالية وكليلة بدرجة أو أخرى. لم يعد الترمومتر يعطينا درجة حرارة كــل نقطــة بــل متوسط الحرارة نسبة إلى حجم بعينه لا سبيل لتثبيــت مداه على نحو الضبط. فضلا عن ذلك، فإننا لا نستطيع إقــرار أن الحــرارة تــبلغ قيمة بعينها تستثني سائر القيم. ليس بمقدورنــا مــثلا إقرار أن الحرارة تساوي 10 درجات مئوية، فمــبلغ ما نستطيع إقراره هو أن الفرق بين حرارة الجسم و 10 درجــات مئوية لا يتجاوز كسرا بعينه من الدرجة يتوقف قدره على دقة منهجنا في القياس.

هكــذا نجــد أنه بينما يتم تثبيت جوانب الشكل بخط ذي صــلابة دقــيقة، تكون جوانب الجسم غامضة، مهدبة، ومبهمة. يستحيل وصف الحقيقة العملية دون القيام بإضعاف ما تم تحديده مــن قــبل كــل قضية، وذلك عبر استخدام عبارات من قبيل "

تقريبا". في المقابل، يتم تحديد كل العناصر التي تشكل الحقيقة النظرية بدقة محكمة.

من هذا نصل إلى النتيجة التالية: يمكن ترجمة ذات الحقيقة العملية إلى عدد لا متناه من الحقائق النظرية.

مثال ذلك... الحكم بأن حرارة الجسم هي 10 درجات مئوية، أو 9.99 أو 10.01 درجة، إنما يعني صياغة ثلاث حقائق نظرية غير متسقة. غير أن هذه الحقائق المتضاربة تناظر ذات الحقيقة العملية حين يكون مدى دقة الترمومتر المستخدم خمس درجة.

لذا فإن الحقيقة النظرية لا تترجم بحقيقة نظرية واحدة، بل بمجموعة تشتمل على عدد لا متناه من الحقائق العملية. كل عنصر من العناصر الرياضية التي يتم الربط بينها لتشكيل إحدى تلك الحقائق قد يختلف من حقيقة إلى أخرى؛ غير أن الاختلاف الذي تكون عرضة له لا يتجاوز حدا بعينه، عنيت هامش الخطأ الذي يفشل ضمنه قياس ذلك العنصر. كلما كانت مناهجنا القياسية أكثر كمالا، كانت المقاربة أفضل والحدود أضيق، وإن كانت لا تضيق إلى الحد الذي يجعلها تختفي...

3.النظرية الفيزيائية والتجربة

... لـــيس القـــانون الفيزيائـــي سوى تلخيص لعدد لا متناه من الـــتجارب التـــي تـــم إجراؤها أو سوف يكون بالمقدور أن يتم إجـــراؤها. هـــذا الحكـــم يجعلنا نطرح التساؤل: ما الذي تكونه التجربة الفيزيائية على وجه الضبط؟

لا ريـــب أن هـــذا الســـؤال سوف يثير دهشة أكثر من قارئ. هل ثمة حاجة لإثارته؛ أليست الإجابة عنه بينة بذاتها؟ ما الذي يمكن للتعبير "القيام بتجربة في علم الفيزياء" أن يعنيه لأي شخص خلافا لإنتاج ظاهرة فيزيائية تحت ظروف بعينها بحيث يتسنى ملاحظتها بدقة باستخدام أجهزة مناسبة؟

اذهـــب إلـــى المعمل واقترب من هذه المنضدة المكتظة بالأجهـــزة: نضـــيدة كهربائـــية، سلك نحاسي ملفوف بالحرير، أنابيب مليئة بالزئبق، ملفات، قضيب حديدي يحمل مرآة. يُدخل الملاحظ ساق قضيب معدني مغطى بالمطاط في ثقوب صغيرة، فيتذبذب القضيب الحديدي ويرسل عبر المرآة شعاعاً يسلط على مسطرة سيلولوز، فيتابع الملاحظ حركة الضوء الساقط. لا شك أن لديـــنا هنا تجربة، فبتذبذب بقعة الضوء يلحظ العالم الفيزيائي

تذبـذب القضيب الحديدي. اسأله عما يقوم به، فلن يخبرك بأنه يدرس تذبذب قضيب الحديد الذي يحمل المرآة، بل سوف يقول إنه يقيس درجة مقاومة الملف الكهربائية. إذا سألته عن معنى ما يقول وعن علاقته بالظاهرة التي أدركتماها معاً في نفس الوقت، سوف يخبرك بأن سؤالك يستدعي تفسيرات مطولة وقد ينصحك بدراسة إحدى مواد علم الكهرباء.

صحيح أن التجربة التي شاهدتها لتوك، كأي تجربة فيزيائية أخرى، تتكون من جزأين. إنها تتكون من ملاحظة حقائق بعينها، وللقيام بهذه الملاحظة يكفي أن تكون يقظا ومنتبها إلى حد كاف بإحساساتك. لا حاجة لك بالدراية بالفيزياء، وقد يكون مدير المعمل أقل مهارة في هذا الخصوص من مساعده. من جهة أخرى، فإنها تتكون من تأويل الحقائق الملاحظة. فللاقتدار على إنجاز هذه المهمة لا يكفي أن تكون منتبها وأن تكون لديك عين مدربة، بل يتوجب أن تكون على دراية بالنظريات التي تم التسليم بها وبكيفية تطبيقها. باختصار يتعين أن تكون فيزيائيا. بمقدور المرء، طالما كان نظره سليما، أن يتتبع حركة بقعة الضوء على المسطرة الشفافة، ويعرف ما إذا

كانت تتجه صوب اليمين أو الشمال أو تتوقف في موضع بعينه. القيام بذلك لا يتطلب خبراء. غير أنه إذا لم يكن على دراية بالديناميكا الحرارية، لن يكون بمقدوره إتمام التجربة، ولن يتمكن من قياس مقاومة الملف...

التجربة الفيزيائية هي الملاحظة الدقيقة لظواهر مصحوبة بتأويل لهذه الظواهر. إن هذا التأويل يستعيض عن المعطيات المادية التي تم بالفعل تجميعها عبر الملاحظة بتمثيلات مجردة ورمزية تناظرها بالركون إلى النظريات التي يقبلها الملاحظ...

يقرر عالم الفيزياء البرهنة على عدم دقة قضية ما؛ ولكي يستنبط من هذه القضية تنبؤا بظاهرة ويقوم بإجراء التجربة التي تبين ما إذا كانت تلك الظاهرة سوف تتدث، ولكي يؤول نتائج هذه التجربة ويتأكد من أن الظاهرة المتنبأ بها لم تحدث، فإنه لا يقصر نفسه على استخدام القضية المعنية. سوف يقوم أيضا باستخدام مجموعة من النظريات بوصفها مسلمات. التنبؤ بالظاهرة، التي يفترض أن يؤدي غيابها إلى حسم الجدل، لا يتمْ اشتقاقه من القضية موضع الارتياب بذاتها، بل يشتق من

منها موصولة بتلك المجموعة من النظريات. إذا غابت الظاهرة المتنبأ بها، فإن الخلل لا يطال القضية المعنية فحسب، بل يطال الصرح النظري برمته. الشيء الوحيد الذي نتعلمه من التجربة هو وجود خطأ واحد على الأقل ضمن القضايا المستخدمة للتنبؤ بالظاهــرة ولمعرفة ما إذا كانت سوف تقع. غير أنها لا تخبرنا عـــن موضـــع هذا الخطأ. قد يقر الفيزيائي أن الخطأ يتعين في ذات القضـــية التي يرغب في دحضها، ولكن هل هو متأكد من أنـــه لا يتعين في قضية أخرى؟ إذا كان متأكدا، فإنه يسلم ضمنا بدقـــة ســـائر القضايا التي يركن إليها، وقدر سلامة نتيجته إنما يشكل ذات قدر سلامة ثقته...

نعلـــم أن نيوتن قال بنظرية الابتعاث نسبة إلى الظواهر البصرية، التي تفترض أن الضوء مشكل من مقذوفات غاية في الدقة تطلقها الشمس وسائر مصادر الضوء بسرعة هائلة، وهي مقذوفـــات تـــنفذ عبر كل الأجسام الشفافة. بسبب مختلف أجزاء الوسط الذي تنفذ عبره، تتعرض لعمليات التجاذب والتنافر. حين تكـــون المســـافة الفاصلة بين الجزيئات المتحركة صغيرة جدا، تشـــتد قوة تلك العمليات، وهي تختفي تماما حين تكون المسافة

الفاصلة كبيرة إلى حد كاف. هذه الفروض التي يتم ربطها بعدة فروض أخرى، والتي لا نألو جهدا في إغفالها، تفضي إلى صياغة نظرية متكاملة في انعكاس الضوء وانكساره. وعلى وجه الخصوص، فإنها تستلزم القضية التالية: معامل انكسار الضوء المار من وسط إلى آخر يساوي سرعة المقذوف الضوئي ضمن الوسط الذي يمر فيه مقسوما على سرعة ذات المقذوف في الوسط الذي يتركه خلفه.

هذه هي القضية التي اختارها أراجو لإثبات تضارب نظرية الابتعاث مع الحقائق. من تلك القضية تلزم أخرى تقر أن سرعة نفاذ الضوء في الماء أكبر من سرعة نفاذه في الهواء. اقترح أراجو إجراء مناسبا لحساب سرعة الضوء في هذين الوسطين. صحيح أن هذا الإجراء لم يكن قابلا للتطبيق، غير أن فوكو قام بتعديل التجربة بحيث يتسنى تنفيذها، وقد اكتشف بإجرائها أن الضوء ينتشر في الماء بسرعة أقل منه في الهواء. وفق هذا، لنا أن نخلص مع فوكو إلى أن نسق الابتعاث لا يتسق مع الحقائق.

لاحظ أنني أتحدث عن **نسق** الابتعاث لا **فرضه**. الواقع أن ما تقر التجربة خطأه عبارة عن مجموعة فروض قبلها نيوتن، ومن بعده لابلاس وبايت، أي نظرية بأسرها نستنبط منها علاقة معامل الانكسار وسرعة الضوء في مختلف الأوساط. بيد أن شجب التجربة للنسق بأسره عبر إقرار تضمنه لخلل ما لا يعني نجاحها في تبيان موضعه. أتراه يتعين في الفرض الأساسي الذي يقر أن الضوء يتكون من مقذوفات تطلق بسرعة هائلة من أجسام مضيئة؟ أم تراه فرضا آخر يتعلق بما يطرأ على جسيمات الضوء بسبب الوسط الذي تتحرك فيه؟ إننا لا نعلم شيئا عن هذا. لقد تعجل أراجو حين حسب أن تجربة فوكو تدين مرة وإلى الأبد فرض الابتعاث، أي فرض تمثل شعاع الضوء من قبل حشد من المقذوفات. لو قام علماء الفيزياء بعزو قيمة لهذه المهمة، لنجحوا بالتوكيد في العثور وفق هذا الفرض على نسق في البصريات يتسق مع تجربة فوكو.

خلاصة القول هي أن الفيزيائي لا يستطيع عزل فرض بغية اختباره تجريبيا، ومبلغ ما يتسنى له إنجازه هو اختبار مجموعة من الفروض. حين تتعارض التجربة مع تنبؤاته، فإن

مـــا يـــتعلمه هـــو وجـــود فـــرض واحد على الأقل ضمن تلك المجموعة يعد باطلا ويتعين تعديله. غير أن التجربة لا تحدد أيا من عناصر تلك المجموعة يتوجب تعديله.

لقد بعدنا كثيرا عن فكرة النهج التجريبي العشوائي الذي يتبناه أشخاص لا يألفون وظائفه الحقيقية. يعتقد الناس بوجه عام فـــي إمكـــان عزل كل فرض يستخدم في الفيزياء وفحصه عن طـــريق الـــتجربة، وحين تنجح اختبارات متعددة ومتنوعة في إثـــبات سلامته، يتبوأ منزلة محددة في النسق الفيزيائي. غير أن الواقـــع يخـــالف هذا المعتقد تماما. ليست الفيزياء آلة بالمقدور تفكـــيك أجزائها. إننا لا نستطيع أن نقوم بفحص كل جزء على حـــدة، بغية تعديله، وأن ننتظر إلى أن يتم فحص سلامته. العلم الفيزيائـــي نسق يتعين اعتباره بشكل كلي، فهو كائن عضوي لا ســـبيل لقـــيام أي جـــزء من أعضائه بوظيفته ما لم تقم أجزاؤه الأكثر نأيا بدورها، بعض منها بدور أهم من سواها، وإن تعين علـــى جميعها أن تسهم بدرجة أو أخرى. إذا حدث خلل ما، إذا أحسســـنا ببعض الإرباك في أداء هذا الكائن العضوي لوظائفه، سوف يتوجب على الفيزيائي أن يقتفي أثره في النسق بأسره كي

يصلح من شأن الجزء الذي أصابه العطب دون أن يفكر في إمكان عزل هذا الجزء وفحص مكوناته.

... إن تجربة فوكو لا تحكم على نحو فعال بين فرضين، فرض الابتعاث وفرض الموجة، بل بين فئتين من النظريات يتعين اعتبار كل منهما بشكل كلي، أي بين نسقين متكاملين، بصريات نيوتن وبصريات هايجينز.

ولكن دعونا نسلم للحظة بأن كل شيء في كل من هذين النسقين ملزم ضرورة على نحو منطقي صرف، باستثناء فرض واحد. وفق هذا، دعونا نسلم بأن الحقائق، بشجبها أحد النسقين، إنما تشجب مرة وإلى الأبد الافتراض المشكوك في أمره والمتضمن في ذلك النسق. هل يلزم عن هذا أننا نستطيع أن نكتشف في "التجربة الحاسمة" إجراء لا سبيل لدحضه يجعل من أحد الفرضين حقيقة مثبتة؟ الوسط بين مبرهنتين هندسيتين متناقضتين مرفوع، فإحداهما باطلة والأخرى صحيحة ضرورة. هل بمقدور أي فرضين في الفيزياء أن يشكلا مثل هذه المعضلة؟ هل نجرؤ على إقرار استحالة تصور فرض آخر؟ قد يكون الضوء حشدا من المقذوفات، وقد يكون حركة متذبذبة

تنتشـــر موجاتها في الوسط. هل يستحيل أن يكون شيئا آخر؟ لا ريـــب أن هـــذا مـــا اعتقده أراجو حين قام بتشكيل هذا البديل الحاســم: هل تفوق سرعة الضوء في الماء سرعته في الهواء؟ "الضـــوء جسم. خلافا لذلك، فهو موجة". غير أنه يصعب علينا اتخـــاذ مثل هذا الموقف الحاسم. الواقع أن ماكسويل قد بين أننا نســتطيع أن نعـــزو الضـــوء إلى تشويش كهربي دوري ينتشر ضمن وسط عازل.

خلافـــا لـــبرهان الخلـــف المستخدم في الهندسة، يعجز التـــناقض التجريبي عن جعل الفرض الفيزيائي حقيقة غير قابلة للجـــدل. احتـــيازه علـــى هـــذه القدرة رهن بالقيام بتعداد شامل لمخـــتلف الفروض الخاصة بمجموعة محددة من الظواهر. غير أن عـــالم الفـــيزياء يخفـــق دومـــا في التأكد من أنه استنفد كل الافتراضـــات الممكن تصورها. إن صدق النظرية الفيزيائية لا يحسم برمي عملة في الهواء.

... التضـــارب بين الحقائق الفعلية التي تشكل تجربة ما والتمثيل الرمـــزي الذي تستعيض به النظرية عن هذه التجربة إنما يثبت وجوب نبذ بعض من هذه الرموز. ولكن أي بعض منها؟ هذا ما

تخفق التجربة في حسم أمره. إنها تحيل إلى حكمتنا عبء التخمين. ضمن العناصر النظرية المتضمنة في تشكيل هذا الرمز ثمة باستمرار عدد معين يسلم به فيزيائيو أية حقبة دون اختبار ويعتبرونه خارج نطاق الجدل. لذا، فإن الفيزيائي الذي يرغب في تعديل رمزه سوف يقوم بالتوكيد بجعل تعديله يرتهن بعناصر مغايرة لتلك التي سلف ذكرها.

بيد أن ما يضطره للسلوك على هذا النحو لا يتعين في ضرورة منطقية. سوف يكون من الغريب والمربك أن يقوم بخلاف ذلك، لكنه لن يكون تناقضا منطقيا. لن يكون بذلك مقتفيا أثر عالم الرياضيات المجنون إلى الحد الذي يجعله يناقض تعريفاته. الأكثر من ذلك، قد يحدث يوما أنه بالسلوك على نحو مخالف، برفض البحث عن أسباب الخلل واللجوء إلى إصلاحه كي يعيد تكريس الاتفاق بين الصياغة النظرية والواقع، وبالقيام بتعديل قضايا أجمع الآخرون على التسليم بها، قد يتسنى له إنجاز عمل عبقري يفتح آفاق نظرية جديدة.

الواقع أنه يتوجب علينا تحصين أنفسنا ضد التسليم الأبدي بفروض أصبحت أعرافا متفشية، وبدا أن يقينيتها تخترق

التناقض التجريبي، عبر عزو هذا التناقض إلى افتراضات أقل يقينية. إن تاريخ الفيزياء يبين أن العقل البشري غالبا ما ينتهي إلى الإطاحة بمثل هذه المبادئ، رغم أنها اعتبرت لقرون بدهيات لا سبيل لخرقها، بحيث يعيد تشكيل نظريات فيزيائية وفق فروض جديدة.

دور النماذج في النظرية العلمية[42]

[42] From Mary B. Hesse, *Forces and Fields* (Edinburgh and London: Thomas Nelson & Sons Ltd, pp. 21-28. Used by permission of Nelson, and Philosophical Library, N.Y.

ماري هس

حصلت ماري هس على درجة الدكتوراه من جامعة لندن، وهي الآن محاضرة في فلسفة العلم في جامعة كيمبردج. لماري هس كتابان، فضلا عن العديد من الأبحاث، "القوى والمجالات"، الذي يتابع تاريخ إشكالية التأثير عن بعد في علم الفيزياء، و"النماذج والنظائر في العلم".

Forces and Fields; Models and Analogies in Science.

لأن النموذج يشتق عبر عملية مألوفة نفهمها جيدا، كما في حال الميكانيكا الجزيئية، فإنه يوفر سياق التوقعات الطبيعي التي تختبر عبرها النظرية. إذا اعتبرنا الآن بعض النماذج الميكانيكة في فيزياء القرن التاسع عشر، لا باعتبارها أوصافا حرفية للطبيعة كما يقر أشياع النزعة الطبيعية الساذجة، بل باعتبارها أدوات ضرورية لجعل النظرية قابلة للفهم والاختبار، سوف يكون بالمقدور وصف وظيفتها المنطقية بطريقة أكثر وضوحا. سوف نجد أن هذا التصور يلقي الضوء على المشاكل الأعقد المرتبطة باستخدام النماذج في الفيزياء الحديثة.

تتعيــن الخاصية الأكثر وضوحا في النموذج الملائم في كونـــه يعرض مناظرة مع الظواهر موضع التفسير، مفادها قيام

تمـــاثل فـــي البنية بين النموذج وتلك الظواهر. قد نقول بمعنى مباشـــر أن هـــناك مـــناظرة بين فرعين من فروع الفيزياء إذا اســـتبينت ذات البنية الرياضية في كليهما، كأن نجد أنه بالإمكان صـــياغة نظـــريات الحرارة والاستاتيكا الكهربية باستخدام ذات المعـــادلات طالما استعضنا مثلا عن "الحرارة" بـــ"الجهد"، وعن "مصـــدر الحرارة" بـــ"شحنة كهربية موجبة". حين تكون هناك مناظرة من هذا القبيل، يمكن استخدام إحدى النظريتين بوصفها نموذجـــا للأخـــرى، كما فعل كيفلن حين استخدم فكرة انسياب الحرارة، التي سبق تكريس نظريتها، نموذجا لنظرية المجال في الاســـتاتيكا الكهربـــية التـــي كان يقوم بتطويرها للمرة الأولى. بمعـــنى مجازي، يمكن استخدام لفظة "مناظرة" لوصف العلاقة بيـــن الـــنموذج نفســـه، جســـيمات تشـــبه كرات البليارد مثلا، والكيـــنونات التي يصادر عليها لتفسير الظواهر، جزيئات الغاز مـــثلا. الإقرار بوجود مناظرة يعني هنا الحكم بوجود تماثل بين مخـــتلف القياسات التجريبية وبعض الأعداد المشتقة من نظرية الـــنموذج. فمثلا، إذا أجريت الحسابات المناسبة، المؤسسة على نظرية الميكانيكا، على الطاقة الخاصة بكرات بليارد متصادمة،

سوف نحصل على سلسلة من القيم العددية تشكل ذات السلسلة التي يقرها الترمومتر الحراري الموضوع في وعاء يحتوي على غاز.

السبب الذي يحول دون جعل نموذج من القبيل المطبق في النظرية الديناميكية للغازات مجرد طريقة يمكن الاستغناء عنها في تصوير المعادلات المناسبة، هو أنه بالمقدور تعميم النموذج وتوسيع نطاقه، فضلا عن اختباره، وإذا لزم الأمر تعديله، في حين أن النسق الاستنباطي الصوري لا يقبل ذلك. يمكن اختبار النموذج، لأنه نسق من الكينونات والعمليات سبق لنا الدراية بسلوكها بمعزل عن الحقائق التجريبية الجديدة التي يوظف في تفسيرها. سلوك مجموعة الجسيمات المتحركة بشكل عشوائي في وعاء مغلق يوصف في النظرية الديناميكية بشكل مستقل عن النتائج التجريبية المتعلقة بالغاز التي يقارن بها، ما يعني أنه بالإمكان استخدام المزيد من تفريعات نظرية الجسيمات المتصادمة لتوسيع نطاق نظرية الغازات واختبارها. يمكن طرح المزيد من الأسئلة، من قبيل "هل تشبه جريئات الغاز الكرات الصلبة أو المرنة؟"، و"ما قطرها؟"، كما يتم اختبار

النظرية عبر استحداث تجارب للإجابة عن أسئلة تشبه الأسئلة التي يثيرها النموذج.

وبطبيعة الحال، فإن قيام النموذج بمثل هذه المهام لا يرتهن بكونه ميكانيكيا. لقد تم بوجه عام تفضيل النماذج الميكانيكية في القرن التاسع عشر، ولكن حتى في الفيزياء الكلاسيكية استخدم نموذج الجسيمات المتجاذبة في الكهربية والمغناطيسية، كما استعملت نماذج كهربية في نظرية الاتحاد الكيميائي، ونموذج انسياب الحرارة في نظرية المجال.المطلوب ليس كون النموذج ميكانيكيا، بل أن تكون لدينا دراية مسبقة بخصائصه وأن يتم وصفه عبر نظرية، يفضل أن تكون رياضية، وأن يكون ذا "نسيج مفتوح" بحيث يسمح بالتعديل والبسط وفق ما يستدعي تفسير الظواهر والتنبؤ بجديدها.

تتعين الصعوبة، التي يبدو أن التصور القائل بضرورة النماذج يثيرها نسبة إلى الفيزياء الحديثة، في أنه ليس هناك أي نموذج من النمط التقليدي، يستخدم جسيمات أو موجات مشحونة، يلائم تفسير ظواهر المجال الذري. أحيانا يقال إنه يتوجب علينا ألا نبحث عن نماذج يمكن تصورها، وأن نرضى

بالفــروض الرياضــية الصــورية التي لا تثار عبرها مفارقات نماذج الجسيم والموجة. في هذا الخصوص نلحظ أمرين يشيران إلـــى أن اشــتقاق مثل تلك النتيجة سلوك مضلل. أولا، يواصل علمـــاء الفيزياء بالفعل استخدام النماذج الجسيمية والموجية، كل فـــي مواقف تناسبها، وهم يقومون بذلك لا تعاطفا مع قراء العلم الشــائع، ولا لأنـــه يعين على تدريس الطلاب، بل لكونه يشكل جزءا مهما من البحث في تلك المجالات، وهذا أمر تكفي نظرة ســريعة إلى أبحاث أصيلة لتبيانه وتؤكده البراهين سالفة الذكر. صـــحيح أنه في مستوى أعمق من البحث النظري، حيث يتعين أن نـــأخذ فـــي الاعتبار كل من السلوكيات الجسيمية والموجية، يكـــون بالمقدور إسقاط نماذج النمط الكلاسيكي، تطوير النظرية عـــبر حدود يستبان أنها رياضية صورية. ولكن هل يؤثر هذا فـــي إصـــرارنا على عدم كفاية الأنساق الصورية غير المؤولة لطرح تفسيرات نظرية؟

بـــالمقدور تفادي هذه الصعوبة بملاحظة أن النظريات الرياضية ليست بالضرورة، ولعلها لا تكون أبدا، هيكليات غير مؤولة، إذا كنا نعني بذلك مجرد مجموعة من العلامات المؤلف

بيــنها فــي مبادئ اعتباطية تسمح بالاشتقاق وفق قواعد لا تقل اعتباطــية. يصــعب تبيان هذا بوجه عام، غير أنه قد يكون في الوســع شــرحه عــبر بعض الأمثلة. حين توجب التخلي عن الــنموذج الفيزيقي للحركة الموجية في وسط مادي، بقيت آثاره فــي نوع الرياضيات المستخدم، إذ ظلت لغة رياضية مشتقة من المعادلات الموجية الخاصة بحركة الموائع، وغيرها، ولذا فإنها تحمــل نســبة للرياضــي بعــض التداعيات التخيلية المرتبطة بالصــورة الفيزيقــية الأصــلية. أيضا، حين استخدمت هندسة رايمان في نظرية النسبية العامة، لم تكن هيكلية غير مؤولة، بل توســيعا طبيعــيا لنطاق الهندسة ذات البعدين الخاصة بالسطح الكروي، الذي يمكن تصوره، بحيث تشتمل على هندسة المكان ثلاثي الأبعاد المنحني في بعد رابع، الذي لا يمكن تصوره، وإن ظلت فيها بعض تأويلات الرموز، مثل " منقاصر" و"نصف قطر الــتقوس"، ســليمة. تمامــا كما أنه بالمقدور أن تتعدد مستويات تــأويل مجموعة من المعادلات الديناميكة، بدءا من جمل تتحدث عــن كــرات صلبة متصادمة وانتهاء بجمل تتحدث عن ضغط وحجــم الغــاز، قد تتعدد تأويلات النظرية الرياضية البحتة في

مستويات مختلفة من التجريد، بحيث تشتمل بدرجة أو أخرى على إشارات لجمل عينية في الهندسة الاقليدية أو الحساب. إن هذه التأويلات الخاصة بصيغ رياضية صورية توفر النسيج المفتوح الذي يمكّن من اختبار النظرية، ومن تعميمها أو تعديلها، كما هو الحال تماما مع النماذج الميكانيكية والكهربية الأكثر عينية. من المناسب إذن أن نتحدث عن "نماذج رياضية" فضلا عن أنواع المناهج الأخرى الأكثر تقليدية. قد يحسب البعض أن لفظة "نموذج" مضللة هنا، بسبب عدم وجود شيء عيني يتم تشكيله أو تصوره. غير أن هذه الكلمة قد أصبحت مجازة بسبب تفشي استخدامها في علوم تختلف باختلاف الكوزمولوجيا، الفيزياء الذرية، فسيولوجيا الدماغ، وعلم النفس الفرويدي. في حالة الفيزياء الأساسية على أقل تقدير، ما يسمى "نماذج" أصبحت الآن رياضية كلية أو جزئيا على الأقل، كما في الكوزمولجيا، حيث يتضح أن "نماذج العالَم" ليست نماذج بالمعنى الذي يمكن تصوره.

ولكن إلى أي حد يتعين أن نحمل هذه الأنواع المختلفة من النماذج محمل الجد ألا نكون، بتبيان أنها تعد جوهرية نسبة

للنظريات، وليست حلية يمكن الاستغناء عنها، قد وقعنا في مفارقات النزعة الواقعية؟ ليس بالضرورة، فنحن لا نقر وجود مناظرة **تامة** بين النموذج والعالم، بل نقر فحسب وجود تماثل في جوانب بعينها (**يمكن أن نسميها بالمناظرة الإيجابية**)، بالمقدور توسيع نطاقه إلى حد لم يتسن بحثه. قد يبدو أنه ليس هناك معنى مهم يحتاز عليه الحديث عن "النماذج" ما لم تكن هناك جوانب يخفق **فيها التناظر** الذي تعرضه. إننا نفكر في الذرات على اعتبار أنها "تشبه" كرات البليارد، **لا بوصفها** كرات بليارد، لأننا نعرف أنها تختلف عن كرات البليارد في جوانب بعينها (**المناظرة السلبية**). إن مكمن قوة الرؤية الصورية في النظريات إنما يتعين في إقرارها إمكان أن نجرد من النموذج مناظرة **إيجابية** تمثل مدى **المعرفة اليقينية** بالظواهر، وأن نتخلص من المناظرة السلبية التي قد تجعل النموذج مضللا. لقد بينا أنه ليس بمقدور اختبار أو توسيع **نطاق** النظرية بوجه عام إذا تم ردها إلى هيكلية مجردة، ولكن ماذا عن النظرية (مثال نظرية ماكسويل) التي تم اختبار قدراتها وعرف مدى تطبيقها وحدودها؟ لقد أعلن هرتز أن نظرية

ماكسويل تشكل البنية الصورية لمعادلات ماكسويل، ويبدو بالفعل أننا حين نعرف مدى المناظرة التي يتعلق وفقها نموذج الأثير بالظواهر، سوف نتمكن من التعبير صوريا عما هو صحيح ومفيد فيها دون أية عبارات من قبيل "كما لو أن.." تقوم بعرض الجوانب غير المتعلقة. من البين أن نصير النزعة الصورية محق في التالي: الغاية من استخدام النموذج تتعين في جعله غير ضروري بجعل أنفسنا على ألفة بمجال الاكتشاف الجديد، بحيث نستطيع وصفه عبر لغته نفسها، دون مقارنة بشيء أكثر ألفة. قد يصبح المجاز المشتق من النموذج "**استعارة ميتة**" ("جذب"، أنابيب القوة")، بمعنى أنها تكتسب معنى اصطلاحيا من سياق الاكتشافات الجديدة وتفقد ارتباطاتها الأصلية. وقد يحتفظ معناها ببعض الارتباطات الأصلية، لكنها تعدل بطريقة تدريجية وفق اتضاح مدى المناظرة السلبية، كأن يصبح معنى "جسيم" في الفيزياء ليس "الجسم الكروي الصلب والملون الذي..." بل "الحالة الفردية في المجال الكهرومغناطيسي التي ..." أو "الحزمة الموجية التي..."، بحيث تشير النقاط إلى عدد غير محدد من الأشياء التي يمكن أن تقال عن هذه

الكيـــنونات، تمامـــا كما يمكن أن تقال أشياء لا حصر لها عن الأشـــياء المادية العادية بحيث لا ندري، حتى بشكل ضمني، في أية مرحلة من مراحل الفيزياء كل هذا الأشياء.

الواقع أنه ليس هناك مجال بحثي يعد مقفلا بحيث يستنفد وصـــفه الصوري كل ما تود الفيزياء إقراره بخصوصه. وحتى حـــال معـــرفة البنـــية الصورية الخاصة بمجال محدود، تحاول الفيزياء دوما الكشف عن نظرية أكثر أساسية وعمومية تشمله. النظريات المعزولة المحجوزة ضمن أطر صورية لم تعد مثيرة **علمـــيا**، بصـــرف النظر عن نفع **تطبيقات** أوصافها الصورية، وحين يتم اكتشاف نظرية جديدة يتغير حتى وصف هذه النظرية من حيث المبدأ، كما حدث مع ميكانيكا كرات البليارد التي قامت الـــنظرية النسبية بتغييرها، رغم عدم حدوث تغير صوري في تطبيقاتها العملية.

غـــير أن مســـألة ما إذا كان المقصود من النموذج أن يكون وصفا فعليا مسألة مختلفة. إن كون النموذج لا يعرض في نهايـــة المطـــاف ســـوى مناظرة محدودة، وإمكان التعبير عن علاقـــات مخبأة بين الأشياء بحدود صورية، أو باستخدام معدل

واصطلاحي لكلمات استعملت بداية على نحو مرتبط بالنموذج، لا يعني أن هذه العلاقات ليست واقعية. لقد تم التسليم منذ عهد طويل بأن الكون دائري، رغم أن أرسطو اعتبر هذا الحكم نظرية قلقة يقترحها نموذج الشمس والقمر وتبررها براهين ظاهراتية. أيضا تم التسليم بأحكام من قبيل أن الأرض تدور حول الشمس، وبأن المركب الكيميائي يتكون من عناصر، وأن المغناطيسية كهربية في حال الحركة، وأن ثمة موجات لاسلكية تنتشر في الفضاء. أن جبهة الحقائق لا تستقر على حال، وهذا على وجه الضبط هو الملمح التقدمي في العلم. غير أن هناك حالات كثيرة يوضح فيها هذا التقدم أن مختلف النماذج التي تفهم عبرها الحقائق الجديدة، وتقبل بسببها، كانت باطلة حرفيا، كونها لم تكن تشبه تماما الحقائق القديمة التي قورنت بها. لو كانت باطلة فعلا، لكان من الممكن منطقيا أن تكون صادقة، ما يكفي لموضع كل نماذج هذه النظريات تحت بند الجمل الواقعية، وللتمكين من عقد تمييز دقيق بين الجمل التي كانت تشكل مقاربات أفضل أو **أسوء** للواقع.

يتعيــن على ذلك ملاحظة أنه لم يقصد من كل النماذج التــي طرحــت فــي الفيزياء أن تكون أوصافا حقيقية على هذا النحو. فبالمقدور التمييز بين أربع استخدامات لا واقعية مختلفة. أولا، **النماذج المماته**، التي تستخدم قصدا لتحقيق مقاصد عملية، رغم الدراية ببطلانها. إن يرتهن مدى نفع مثل هذه النماذج بقدر مــناظراتها الإيجابية، ومدى إمكان إغفال مناظراتها السلبية في الظــروف العملية. هكذا قد يستعمل نموذج انسياب الحرارة في ســياقات تشــكل مقاربة كافية للنظرية الحركية، وقد تستخدم الميكانــيكا النيوتونية في سياق لا يشترط دقة الميكانيكا النسبية. ثانــيا، قــد تشكل قصدا **آلات مناظرة** (من الحديد والنحاس، أو باستخدام رسومات) لتمثيل جوانب بعينها من العمليات الطبيعية، بحيث تعمل مثل الحواسيب حال عوز الدراية النظرية الرياضية الخاصــة بالظواهــر المعنــية أو حــال صــعوبتها. السلاحف الإلكترونــية مــثال علــى هذا الاستخدام للنماذج، حيث تتضح مناظرة سلبية في جوانب بيولوجية وكيميائية بعينها بين النموذج والحــيوان، تقابلهــا مــناظرة إيجابية مجهولة القدر في بعض الجوانــب الســلوكية. الأنفــاق الهوائية مثال آخر، فثمة دراية

بالـــنظرية الرياضـــية الأساسية، وإن كان يصعب اكتسابها في بعــض الحالات. إن هذه النماذج توظف بديلا لنظريات رياضية استنباطية لم نتمكن بعد من معرفة تفاصيلها، ولا يقصد منها أن تكـــون أوصـــافا صـــحيحة بـــل أن تســـاعد على اكتشاف تلك الأوصــــاف. ثالـــثا، قـــد تســـتحدث نماذج بعدية لتجسيد نظرية رياضـــية قائمـــة أساســـا أو لمجـــرد جعل النظرية أسهل على التطبـــيق. مـــثال ذلك نماذج الأثير الميكانيكية السائدة في القرن التاسع عشر، التي تعين مجمل تناظرها الإيجابي في المعادلات المـــناظرة، بحيث لم تسهم مباشرة في بسط أو اختبار النظرية، ولم يرم منها أن تكون واقعية. وأخيرا، ثمة **نماذج مكملة**، من قبـــيل نموذجـــي الجسيم والموجة في فيزياء الكم اللذين يستثني الواحـــد منهما الآخر في جوانب بعينها، ما يجعله يقصر مجال تطبـــيق مـــناظرة الآخـــر الإيجابية، رغم أن قدراتهما الخاصة بالتناظر الإيجابي ليست مستنفدة في جوانب أخر، بحيث يتسنى توظيفهما نماذج مفيدة في ظروف خاصة.

... لا ريـــب أنـــه بالإمكـــان تمييز أنواع أخرى من النماذج في ممارســـة الفيزياء وسائر العلوم، غير أن هذا التصنيف الموجز

يكفي لاقتراح تعريف لمنزلة النموذج الواقعية. **يقصد من النموذج أن يكون وصفا واقعيا إذا كان يعرض تناظرا إيجابيا ولا يعرض أي تناظر سلبي في كل الجوانب التي سلف اختبارها، وإذا كان يحتاز على فائض محتوى يمكن من حيث المبدأ اختباره**، بحيث تفهم هذه العبارة الأخيرة بمعنى واسع سوف نعنى به في سياق ضرب أمثلة تاريخية. النماذج التي تستوفي هذا المعيار تعد **نماذج وصفية**. قد يبدو أن الاستخدام المستمر لكلمة "نموذج" فيما يتعلق بهذا التعريف استخدام مفارقي، على اعتبار أن ما نتحدث عنه هنا هو إمكان وصف حرفي لا مجازي، والنموذج الذي يحقق هذا المعيار لن يشترط عبارات من قبيل "كما لو أن...". ولكن في ضوء التناظر الإيجابي الممكن الذي لم يتم اكتشافه بعد، يشكل الاحتفاظ بمثل تلك العبارة تذكيرا بإمكان أن يستبان بطلان النموذج. ومهما يكن من أمر، فإن استخدام كلمة "نموذج" قد يعين توكيد سماته الخاصة بالقابلية للفهم لا الخاصة بمجازيته. إنه نموذج بمعنى أنه صورة تستنسخ الظواهر بأقصى درجات الدقة، لا بمعنى أنه انطباع أو كاريكاتير يقوم عمدا بتشويه ما يصوره. ويمكن

تسـمية الخاصـية التي تختص بها النظريات التي تمثل نماذج بحيـث تحـتاز علـى معنى ويتسنى اختبارها وتوسيع نطاقها بـ"قابليتها للفهم"، وهذا شرط ضروري يتعين على النظريات استيفاؤه، فضلا عن معايير التدليل والدحض التي سلف ذكرها. يتضـح أيضـا تعلـق القابلية للفهم بفكرة التفسير البدهية التي نرغـب وفقها لا في الربط بين الظواهر والقيام بالتنبؤ فحسب، بل في فهم هذا الربط، وهذه رغبة تفسر إلى حد كبير استمرارية اشتقاق النماذج من آليات نألفها.

في علم أية حقبة زمنية، ثمة فئة مهمة على نحو خاص مـن الـنماذج أو الـنظريات الوصفية يمكن تسميتها بالنماذج الأساسـية، كونهـا أكثر شمولية من غيرها ويتم افتراضها من قـبلها. لا يكون النموذج أساسيا إلا في علاقته بموقف تاريخي بعيـنه، مـثال الـذرات الديمقرطيسـية، الجسيمات النيوتونية المـتجاذبة والمتـنافرة، والديناميـكا الكهربية الكمية، التي تعد أساسـية نسـبة إلى سياقاتها التاريخية. إن هذه النماذج لا تتسق بشكل طبيعي مع الهرمية الاستنباط_فرضية التي توصف وفقها النظريات بوجه عام، كونها تبدو من منظور هذه الهرمية كأنها

توظف في ذات الوقت بوصفها تعميمات تنتمي إلى مستوى متدن، وفروضا ذات مستوى عال، وقواعد للاستدلال. اعتبر كمثال قوانين نيوتن في الحركة في الفيزياء الكلاسيكية. أنها بمعنى ما تعد تعميمات متدنية المستوى تنهض على حقائق تجريبية تتعلق بأجسام متحركة. وبمعنى آخر، تعد فروضا ذات مستوى عال يتم بالركون إليها، وإلى ملاحظات وتعميمات أخر، التنبؤ بمختلف الظواهر وتفسيرها. وبمعنى ثالث، تعد قواعد يتم وفقها الاستنباط من الفروض. غير أن مثل هذه النماذج الأساسية لا تحظي باهتمام كاف في أدبيات فلسفة العلوم... إن ضرب التآثر المتبادل بين الأجسام يعد إحدى الخصائص العامة التي تعرضها مثل هذه النماذج، بل إنه لا سبيل لتحديد معنى "التأثير عن بعد" أو "حفز التلامس" إلا عبر النموذج الأساسي والمفاهيم التي تتضمنها...

مثل النظام الطبيعي[43]

ستيفن تولمن

ولد ستيفن تولمن في لندن عام 1922، وكان عضوا في كلية كنج وكيمبردج، حيث درس الرياضيات والفيزياء، كما قام بأبحاث حين كان طالبا للدراسات العليا تحت إشراف لودفيج فتنجشتين. كان أيضا محاضرا في اكسفورد لمدة خمس سنوات، وأستاذا للفلسفة ورئيس القسم الفلسفة في جامعة ليدز لفترة مماثلة. عمل أستاذا زائرا في جامعة ملبورن باستراليا وكلومبيا وستانفورد، وهو الآن مدير مؤسسة نفيلد لتاريخ الأفكار في لندن. فضلا عن "التكهن والفهم"، ألف تولمن "منزلة العقل في علم الأخلاق"، فلسفة العلم"، و"نسيج السماوات" (بالاشتراك مع زوجته حون جودفيلد). و"معمار المادة"، كما كتب العديد من المقالات في فلسفة وتاريخ العلم.

Foresight Ana Understanding; The Place of Reason in Ethics; Philosophy of Science; The Fabric of The Heavens (with his wife, June Goodfield); and The Architecture of Matter.

ما الظاهرة؟ وكيف يقر العلماء اعتبار الحدث "ظاهرة"؟ وكـــيف يعرفون أي نوع تشكل؟ الرؤية التنبئية للتفسير تصرف

[43] From Stephen Toulmin,. *Foresast and Understanding* (Bloomington: Indiana Univ. Press, 1961), pp. 44-61. Used by Permission of Indiana Univ. Press, and of Hutchinson & Co (Publishers) Ltd. London.

النظر عن هذه المسألة، وهذا أمر يؤسف له. ذلك أنها تقترح أنه لا فرق بين الحوادث من وجهة نظر تطبيق النظرية، تماما كما أنه لا فرق بين مختلف حالات المد والجزر وشروق الشمس والكسوف عند عالم الأرصاد الجوي. لو كان لدينا أصلا أسلوب للتنبؤ بحالات الكسوف أو المد، يتعين أن يطبق على حد السواء على كل الحوادث، ما يثير التساؤل عن مبرر أن يختلف الأمر في حال التفسير.

بيد أن هناك فرقا مهما. قد يتكهن العراف بكل حوادث نمط بعينه على النحو نفسه، لكن الظاهرة عند العالم ليست أي حدث من القبيل الذي يعنى به، بل هي، كما يقر واضعو المعاجم محقين، "حدث... يعد سببه مثار سؤال"، خصوصا حين يكون "غير متوقع إلى حد كبير". فضلا عن ذلك، إذا كانت الظاهرة حدثا غير متوقع، فإن هذا يشير لا إلى أن العالم أغفله أو فشل في التنبؤ به، بل إلى كون العالم احتاز على توقعات مسبقة بعينها جعلت الحدث غير متوقع.

لا يتكون مسار الطبيعة عند العراف إلا من "شيء لعين تلو الآخر". لن يُضبط العراف متلبسا بحال الغفلة، فقد اكتشف

طـــريقة للتكهــن بـــالحدث التالي. لكن هذا لا يعني أنه يفهم ما يحـــدث. موقـــف العالم مختلف تماما. إنه يبدأ بمعتقد مفاده أن الأشياء لا تحدث فحسب (ولا تحدث بشكل منتظم فحسب)، بل ثمـــة مجموعـــة مثبتة من القوانين أو الأنماط أو الآليات تفسر اتخـــاذ الطبـــيعة المسار الذي تتخذ، وأنه يتعين على فهمه لتلك القوانين أو الأنماط أو الآليات أن يرشد توقعاته. فضلا عن ذلك، لديـــه بدايات فكرة عن ماهية تلك القوانين والآليات، ولذا فإنه لا يقـــارب الطبـــيعة (ويتوجب عليها ألا يقاربها) خلوا من الأحكام والمعـــتقدات المســـبقة. عوضا عن ذلك، فإنه يبحث عن شواهد تبيـــن له كيف يشذب ويشكل أفكاره، بحيث تطابق الطبيعة التي يناجز بشكل أفضل.

هـــذا هو ما يجعل الظواهر" مهمة عنده. يحسن اللاعب مـــن أساليبه الرياضية بطريقة أسرع بالاحتكاك مع من هم أقدر مـــنه بدرجة واحدة. وعلى نحو مماثل، يبحث العالم عن حوادث ليســـت مفهومـــة تماما، وإن كان بالإمكان استيعابها عبر اتخاذ خطـــوة ذهنية بمقدوره اتخاذها. طالما أن كل شيء يسير بحيث يتســـق مـــع توقعاته المسبقة، فلن يجد فرصة لتحسين نظريته.

يتعيـــن عليه البحث عن انحرافات لم يتسن بعد تفسيرها، لكنها تعد بقابليتها لأن تفسر.

ما أن يشرع المرء في تحديد الظواهر، حتى تترى على قلمـــه كلمـــات موحـــية مـــن قبيل "انحراف"، و"شذوذ" و"عوز الانـــتظام". كـــل هـــذه تستلزم بوضوح أننا على دراية بمسار مباشـــر، ســـلس، ومنـــتظم للحـــوادث يعد قابلا للفهم، عقلانيا، وطبيعـــيا بطريقة مغايرة "للظاهرة". هذه على وجه الضبط هي النتـــيجة التي نبدي الآن استعدادا للخلاص إليها: توقعات العالم المسبقة محكومة بأفكار أو مفاهيم عقلانية تتعلق بالنظام العادي للطبـــيعة. الأشـــياء التـــي تحدث بطريقة تتسق مع هذه الأفكار يجدهـــا بيّـــنة. سبب أو تفسير الحدث يكون موضع تساؤل (أي يصـــبح الحـــدث ظاهرة) حين يبدو أنه ينحرف عن هذا المسار المعـــتاد. تصنيف الحدث ضمن مختلف أنواع الظواهر (كما في حالـــة "انكسار شاذة") يتم بمقابلته مع الحالة العادية والمفهومة. وقـــبل أن يكون بمقدور العالم أن يكون راضيا، يتعين عليه أن يجد سبيلا لتطبيق أو بسط أو تحوير أفكاره المسبقة عن الطبيعة بحيـــث يجعـــل مـــن الشذوذ حالة سوية. سوف نبحث الآن في

حـــالات ممـــثلة تستبان فيها هذه العملية الذهنية، بحيث تتضح بعـــض الوظائف التي تقوم بها "مُثل النظام الطبيعي" في تطوير وتطبيق النظرية العلمية.

لـــنا فـــي هذه المرحلة أن نعيد النظر في تاريخ العلم؛ بحيـــث نعنى خصوصا هذه المرة بالقرن السابع عشر. في تلك الحقـــبة طـــرأت تغـــيرات حاسمة على العديد من فروع العلم، اشـــتملت علـــى حالتـــي إعادة توجيه أساسيتين، سوف تشكلان موضـــع عـــناية هذا الفصل والفصل الذي يليه. بداية، دعوني أوضـــح مفـــاد إشـــارتي إلى إعادة الترتيب الداخلية ضمن علم الديناميـــكا، التـــي حلت عبرها في نهاية المطاف مفاهيم نيوتن الأساســـية بديـــلا عن مفاهيم أرسطو. في الفصل التالي، سوف نهـــتم بـــبعض التغيرات التي لم تبدأ بجدية إلا في نهاية القرن السابع عشر، وأحدثت تغييرا لا في التنظيم الداخلي للعلم، بل في العلاقـــات المتـــبادلة بيـــن علمين مختلفين، عنيت الفسيولوجيا ونظرية المادة.

فـــي كـــل حالـــة، يمكن طرح تصور زمني للتجارب والمنشورات والاكتشافات الامبيريقية التي قام بها العلماء. غير

أن لا سبيل لفهم التغيرات الذهنية التي طرأت على أفكارهم إلا إذا نفذنـــا إلـــى أعمـــاق أكـــثر غورا وحاولنا ملاحظة الأنماط الأساســـية للـــتوقعات المعنية في حالات الجدل. فالحوادث من القبـــيل الذي قبله الأسلاف بوصفه مسارا طبيعيا أضحت تعتبر الآن (كمـــا سوف نرى) حالات شذوذ معقدة؛ في حين أصبحت حـــوادث أخـــر، سلف أن بدت استثنائية أو شاذة، بل حتى غير قابلـــة للتصور، تعامل بوصفها حالات مثالية للنظام الطبيعي. ولكن دعونا نفصل في تلك الحالات.

اعتـــبر أولا الـــثورة التي حدثت في علم الديناميكا في القـــرن السابع عشر. لتوضيح التغير المركزي، يتوجب أن نبدأ بالنظر في الصورة الساخرة للنظريات قبل الجاليلية في الحركة، التي يمكن أن يقتفى أثرها إلى أرسطو. "كانت أفكار الناس عن الديناميكا قبل جاليليو" فيما تقترح تلك الصورة، "تركن إلى خطأ بسيط. كان أرسطو فيلسوفا، وفي أفضل الأحوال نصيرا للمذهب الطبيعي، لكنه لم يكن عالما حقيقيا. ربما لم تعوزه المهارة في تجمـــيع عينات ومعلومات متفرقة، لكنه لم يكن يحسن التفسير. لقـــد طرح رؤى يتضح بطلانها بخصوص طريقة تعلق حركة

الجســم بالقوى المؤثرة عليه، فلقد أقر هذا الجهول أن أثر القوة المؤثــرة بشكل مستمرعلى أي جسم يتعين في جعله يستمر في حركـــته بســرعة ثابتة، في حين اكتشفنا الآن أن القوة الثابتة لا تنتج سرعة ثابتة بل تسارعا ثابتا. هكذا بالغ أخلاف أرسطو في تبجـيل قدراتـــه الذهنية، فوثقوا في كلمته عوضا عن الثقة في عـــيونهم؛ وحدهـــا أعمـــال العبقري العنيد جاليليو، الذي رفض السماح لنفسه بأن تربكه الألفاظ، وأصر على إخضاع حتى أكثر التعاليم سلطوية ومهابة لاختبار الخبرة، التي استطاعت القضاء على هذا المسخ وجعله طي النسيان".

وفــق هذه الصياغة، قد يكون هذا كاريكاتيرا لكاريكاتير أكـــثر من كونه كاريكاتيرا، رغم أننا غالبا ما نصادفها، جزئيا، بشـــكل ضمني، أو ربما في صياغة أقل سماجة.على ذلك، فإن الصورة المتضمنة في هذا التصور للميكانيكا الأرسطية ولإسهام جاليلـــيو فـــي فكـــرنا، تمثل مجموعة من الأخطاء والأساطير التاريخـــية تعد استثنائية حتى نسبة إلى تاريخ العلم، الموضوع الـــذي حاول فيه المؤسسون أشباه جورج واشنطن لفترة أطول ممـــا يجـــب التمرد على أسلافهم. ما يتوجب على المرء شجبه

ليس فقط عدم أرجحية أن يقع رجل بقدرات أرسطو في مثل هذا الخطـأ الفاضح البسيط، بل أكثر من ذلك الطريقة التي يحط بها ذلـك الكاريكاتـير مـن شأن حدث رائع بحيث يجعل منه حدثا مبتذلا.

أين يكمن الخلل إذن؟ نلحظ بداية أن ذلك التصور يعزو إلـى أرسـطو فضل محاولة القيام بشيء يبدو أنه لم يفكر فيه إطلاقـا. إنه يصوره كما لو أنه يطرح علاقة رياضية من النوع الـذي نألفـه في النظرية الديناميكية الحديثة. يمكن صياغة هذه العلاقـة لفظـا: "القوة تختلف باختلاف ناتج ضرب الوزن في السـرعة"؛ أو رمزا: $F \propto W \times V$. غير أنه لا سبيل لقراءة هذا فـي أعمـال أرسـطو إلا عبر ارتكاب خطأ تاريخي. نادرا ما نصـادف هذا النوع من المعادلات قبل القرن السادس عشر بعد الميلاد، لا لأن الرموز المستخدمة فيها لم تكن استحدثت بعد، بل لأن ذات الأفكـار المتضمنة في استخدام مثل هذه المعادلات لم يتم تطويرها إلا في السنوات التي سبقت عام 1600 مباشرة.

وبالطبع، إذا قبلنا هذه المعادلة بوصفها تعبيرا عن رؤية أرسـطو، وقمـنا بـتأويلها من منظور محدث، سوف نجد أنها

مخطئة بشكل مؤس. ذلك أنه من الطبيعي هذه الأيام أن نقوم بتأويل الرمز الخاص بالسرعة على أنه يعني "السرعة اللحظية"، وأن نفسر رمز القوة وفق معناه النيوتوني القياسي، وهذان مفهومان لم يتم تشكيلهما بوضوح تام إلا عام 1687. مباشرة ثمة اعتراض يثار. يبدو الحد "وزن" الآن في غير موضعه إطلاقا، ويتوجب افتراضا أن يستعاض عنه بالحد "كتلة". ولكن حتى لو قمنا بذلك، لا ريب أن نسبة القوة المؤثرة على الجسم إلى كتلته لا تحدد سرعته بل تسارعه. على ذلك يجب أن نتساءل: هل ننسب هنا إلى أرسطو أحكاما قصدها؟ إذا كنا نحمله معاني لم يقل بها، فلا غرو أن نخلص إلى ارتكابه خطأ جسيما.

ولكن ما السبيل المغاير لفهم ما يريده أرسطو؟ بوجه عام، يجب طرح ما يقوم به في كتاب "الفيزياء" لا في شكل معادلات دقيقة، بل في أفضل الأحوال في شكل نسب وتناسبات تقيم علاقة مثلا بين طول الزمن الذي تستغرقه مختلف الأجسام لطي ذات المسافات حتي تؤثر عليها درجات مختلفة من الجهد. إنه يضرب مثل هذه الأمثلة كما لو أنها معنية بمهام، بحيث

يطرح أسئلته على النحو التالي: "إذا استغرقت المهمة كذا الوقت كـــذا، ما الوقت الذي سوف تستغرقه المهمة كذا؟". مثال ذلك، إذا اســـتطاع رجل بنفسه حمل جسم مسافة مائة ياردة في ساعة مـــن الزمـــن، مـــا حجم الجسم الذي يستطيع رجلان حمله ذات المســـافة في ذات الزمن؟ إن أرسطو يخلص إلى أن قدر إزاحة الجسم بجهد معطى، يطرد عكسيا، ضمن حدود بعينها، مع حجم الجســـم، وأنـــه بـــالمقدور إزاحة الجسم في زمن مقاس مسافة تتناسب طرديا مع الجهد الذي يتم بذله.

وبطبـــيعة الحال، فإن هذا النوع من النسب (فيما يجوز أرســـطو) لا يســـري حال تجاوز حدود بعينها. قد يكون الجسم كبـــيرا إلـــى حد أنه لا سبيل لتحريكه إلا عبر حشد من الناس، بحيث لا يتأثر بالجهد الذي يبذله واحدهم؛ أرسطو يضرب مثالا علي ذلك بمجموعة من الرجال تحاول تحريك سفينة. أيضا فإنه يلحـــظ محقا أن الأثر الذي يحدثه المرء ببذل جهد بعينه يتوقف كلـــية على المقاومة التي يتعين عليه التغلب عليها. سوف يحتاج الحشد الذي يقوم بسحب سفينة عبر طريق وعرة إلى زمن يفوق ذلـــك الـــذي يســـتغرقه في سحبها عبر طريق ممهدة. كتقريب

تمهــيدي، كونــه لا يحتاز على تعريف أفضل "للمقاومة"، يقوم أرســطو بطرح التناسب التالي: المسافة التي يتم طيها في زمن بعينه تطرد عكسيا مع قوة المقاومة ضد الحركة.

ثمــة ثلاثــة أشــياء نحتاج إلى قولها بخصوص نسب أرســطو، قبل أن نقوم بفحص الاختراعات الديناميكية في القرن الســابع عشــر. مفاد الأول هو أن أرسطو ركز اهتمامه على حــركة الأجسام قبالة مقاومة لا بأس بها، وعلى الفترة الزمنية المتطلبة لإحداث تغيير تام في الموضع. لأسباب متعددة، لم يعن إطلاقــا بمسألة تعريف "السرعة" حال اعتبار فترات زمنية يقل مداها تدريجيا (أي السرعة اللحظية). أيضا فإنه لم يبد استعدادا للاهــتمام بالكيفية التي تتحرك بها الأجسام حال غياب المقاومة عملــيا أو نهائــيا. لقــد استبين أن تردده كان مؤسفا، رغم أن مــبرراته كانت معقولة وجديرة بالثناء. لقد كان ارسطو يرفض دومــا، على كونه فيلسوفا محتما عليه، وفق مذهب البعض، أن يحلــق فــي السماوات، أن يستدرج إلى نقاش الأمثلة الحدية أو المســتحيلة. إذا أغفلنا لبرهة السقوط الحر بوصفه حالة خاصة، فــان كــل الحركات التي نلحظها من حولنا، فيما يقر أرسطو،

محكومة وفق درجة أو أخرى من التوازن التام بين مجموعتين من القوى: القوى التي تنزع إلى الحفاظ على الحركة وتلك التي تنزع نحو مقاومتها. في الحياة الواقعية أيضا، يتخذ الجسم دوما وقتا بعينه لطي أية مسافة محددة. لا ريب، والحال ما وصفت، أنه اعتبر مسألة السرعة اللحظية ممعنة في التجريد؛ وكذا كان موقفه من فكرة الحركة التي لا تحول دونها أية قيود والتي رفضها بوصفها غير واقعية. أفترض أنه كان محقا؛ فحتى في فراغ المسافة الفاصلة بين النجوم، حيث بالمقدور عمليا إغفال العوائق التي تعرقل حركة الأجسام، تظل هناك بعض المقاومة الطفيفة، وإن كانت متقطعة.

الأمر الثاني مفاده أننا إذا عنينا مباشرة بأنواع الحركة التي اعتبرها أرسطو نمطية، سوف نجد أن تناسباته التقريبية تظل تحتفظ بموضع محترم حتى في فيزياء القرن العشرين. إذا قمنا بتأويلها لا بوصفها رؤية منافسة لرؤية نيوتن في الطبيعة، بل باعتبارها تعميمات تتعلق بالخبرة المألوفة، سوف نكتشف صحة الكثير من أحكامه، بل إننا قد نقر أنه تحدث بطريقة أكثر حكمة مما تمكنه معارفه. ذلك أنه في حين جادل فحسب بغية

الحصــــول علـــى نســـب كيفية تقريبية تربط بين مجمل قياسات مكانية وزمانية، يلحظ الفيزيائيون المعاصرون معادلة رياضية دقيقة تكاد تناظر نسبه، رغم أنها تربط بين متغيرات لحظية من نوع لم يستخدمه إطلاقا.

تعــرف هذه المعادلة باسم "قانون ستوكس"، وهي تربط بيـــن ســـرعة تحـــرك الجســـم حين يوضع في وسط مقاومي، كالســـائل، والقـــوة المؤثـــرة عليه وكثافة (لزوجة) الوسط. يقر ســـتوكس أن ســـرعة الجسم في هذه الظروف تطرد إيجابيا مع القـــوة المؤثرة عليه وسلبيا مع لزوجة السائل. هبنا أسقطنا كرة بليارد في سوائل ذات لزوجة مختلفة (ماء، عسل، وزئبق مثلا). في كل حالة سوف تتسارع الكرة للحظة، ثم تتحرك حركة سفلية بسرعة حدية (نهائية) محددة من قبل لزوجة السائل المعني. إذا تمـــت مضاعفة القوة المؤثرة، سوف تتضاعف سرعة السقوط؛ وإذا كان لأحد السوائل ضعف معامل لزوجة آخر، سوف تطوي كرة البليارد المسافة بنصف السرعة.

الأمر الثالث يولف بين الأولين، عنيت حقيقة أن أرسطو أسس تحليله على مفهوم تفسيري أو بارادايم بعينها، قام بتشكيلها

عـــبر اعتـــبار أمثلة من نمط قياسي، وكونه استخدم هذه الأمثلة موضـــعا للمقارنة حين حاول فهم وتفسير أي نوع من الحركة. إذا أردت فهـــم حـــركة الجسم، يتعين وفق رؤيته أن تفكر فيها بالطـــريقة التي تفكر في العربة والحصان؛ يتوجب عليك البحث عـــن عامليـــن، العامل الخارجي (الحصان) الذي يجعل الجسم (العربة) يستمر في حركته، والمقاومة (وعورة الطريق واحتكاك العـــربة) التـــي تـــنزع نحو جعل الحركة تتوقف. يعني تفسير الظاهرة إدراك أن الجسم يتحرك بمعدل يتناسب مع جسم بوزنه، حيـــن يـــتعرض لـــذات الـــتوازن بين القوة والمقاومة. الحركة المستمرة تحت تأثير هذا التوازن هو الحدث الطبيعي الذي يتعين توقعـــه، ولـــذا، فإننا بتبيان أن الحدث يعرض مثل هذا التوازن نكون قد نجحنا في تفسيره.

وكمـــا نعـــرف، فإن تحليل أرسطو لا ينطبق في حالة تحرك الجسم في مواجهة مقاومة طفيفة. إذا أسقطت كرة بليارد فـــي الهـــواء عوضا عن الماء أو الدبس، سوف تتسارع لوقت طويل. في الظروف الأرضية، لن يكون بمقدورها أن تسقط إلى مســـافة تكفـــي لبلوغها "السرعة الحدية"، التي يبدأ عندها قانون

ستوكس في السريان. العامل الأكثر أهمية في هذه الحالة سوف يكــون فترة التسارع الابتدائية، وهذا أمر لم يحظ إلا بنزر يسير مــن اهــتمام أرسطو. لو أنه أمضى وقتا أطول في التفكير في مســألة التســارع، لربما تمكن من رؤية حاجته إلى شيء أكثر تركيبا من تناسباته البسييطة.

ســتراتو، أول أتباع أرسطو المهتمين بالميكانيكا، عني بهــذه الظاهرة، غير أنه لأسباب كثيرة، بعضها فكري وبعضها الآخر تاريخي، لم يتسن له ولا لخلافه من الأقدمين تحقيق تقدم عظــيم يــتجاوز نسب أرسطو. هكذا أحيل الأمر إلى رياضيي اكســفورد فــي بدايــة القرن الرابع عشر، الذين قاموا بإضافة تعــريف مناسب للتسارع إلى تفسيرات أرسطو للسرعة، بحيث مهدوا الطريق أمام ستيفن وجاليليو ونيوتن.

يكفــي هــذا لنقاش الخلفية. ما الذي حدث إذن في علم الديناميــكا خــلال القرن السابع عشر؟ لا ريب أن الكاريكاتير ذائع الصيت مخطئ في الجانب التالي: لم يحدث أن أدرك الناس فجــأة خطأ رؤية أرسطو، في حين وثق أسلافهم ثقة عمياء في صــحتها. أرســطو نفســه طرح نسبه على اعتبار أنها تسري

فحسب ضمن حدود بعينها، كما أن جون فيليبونز (حوالي عام 500 بعد الميلاد) أوضح تماما أنه لا سبيل لتفسير المقذوفات والأجسام الساقطة بحرية إلا عبر استحداث مفهوم لا عهد لأحد به. لقد تعينت الإشكالية في كيفية الإصلاح من شأن الخلل.

نستطيع أن نرى على نحو استعادي أن التخلي عن الباردايم التي شكلت لب تحليل أرسطو كان محتما، وأنه كان عليها أن تخلي السبيل أمام بارادايم أخرى تؤكد أهمية التسارع. غير أن ذلك لم يكن أمرا هينا. لقد اعتاد البشر وفق خبراتهم اليومية وبسبب "ثقتهم العمياء في سلطة أرسطو" التفكير في الحركة بوصفها توازنا بين القوة والمقاومة، ولذ اتخذوا الخطوات المهمة مترددين، محرزين في كل مرة تقدما طفيفا، في مواجهة الحس المشترك الذي ورثوه عن أسلافهم. الخطوة الأكثر حاسمية اتخذها جاليليو، رغم أنه قصر عن بلوغ النتيجة التي يعزى إليه عادة فضل اكتشافها.

لقد أصر محقا على أنه لا شيء طبيعيا أو عقلانيا على وجه خاص في سكون الجسم حال تلاشي القوى الخارجية. السكون يشبه الحركة المنتظمة في كون كليهما "طبيعيا" نسبة إلى

الجسم الموجود على الأرض. سوف نلحظ هذا إذا قاربنا تدريجيا حالة انعدام المقاومة التي أنكرها أرسطو بسبب استحالتها. فكر في سفينة في بحر هادئ، وتخيل أن مقاومة الحركة تقل تدريجيا إلى أن تصل إلى حد يمكّن من إغفالها نهائيا. لو حدث ذلك، فيما يقر جاليليو، لحافظت السفينة على سرعتها الأصلية دون تغيير. ولو كانت ساكنة أصلا، لظلت ساكنة إلى أن تقوم قوة خارجية بتحريكها، ولو كانت متحركة، لاستمرت في حركتها عبر ذات المسار وبنفس السرعة إلى أن يعوقها عائق. الحركة المستمرة بنفس السرعة قد لا تكون أقل طبيعية ولا قدرة على تفسير نفسها من السكون، والمقاومة الخارجية وحدها القادرة على جعل الأجسام الأرضية تتوقف عن الحركة.

بهذه الخطوة اقترب جاليليو كثيرا من رؤية نيوتن الكلاسيكية، غير أنه لم يصل إليها. صحيح أنه استبدل بارادايم جديدة ببرادايم أرسطو في الحركة الطبيعية (كون الحصان والعربة يسيران بسرعة ثابتة في مواجهة مقاومة بعينها). نسبة إلى أرسطو، تعد كل أنواع الحركة الأرضية المستمرة "ظاهرة"،

أي انحـــراف عن النظام المعتاد، ولذا سوف يتساءل عما يجعل سـفينة جاليليو المتخيلة تستمر في الحركة. في المقابل لم يطلب جاليلـــيو سوى تفسير التغيرات التي تطرأ على حركة الأجسام. بمقدور سفينته أن تتحرك دون قوة محركة.

قـــد يبدو لأول وهلة أن هذه النتيجة تشبه قانون العطالة الحديـــث، غـــير أن بارادايم جاليليو لم تكن أكثر شبها بنموذجنا الأمـــثل مـــن بارادايم أرسطو. ذلك أن ما اعتبره جاليليو حالة مثالـــية تمـــثل في سفينة تتحرك دون أن تضعف سرعتها عبر دائـــرة عظيمة، بسبب عدم وجود قوة خارجية تقلل من سرعتها أو تـــزيد مـــنها. لقـــد ارتأى إمكان أن تكون الحركة المنتظمة بطبيعـــية السكون. لكن هذه الحركة المنتظمة اتخذت مسارا أفقيا مغلقا يدور حول مركز الأرض، وقد اعتبر هذه الحركة طبيعية تمامـــا وقادرة على تفسير نفسها. لا يبدو أنه أفكر في أن وزن الســفينة يحـــول دون إقلاعها من الأرض في مسار يتخذ شكل المماس، وهذه صورة نجدها واضحة عند نيوتن.

الواقع أنه لو قامت سفينة جاليليو المتخيلة بالإقلاع من الـــبحر والاختفاء في الفضاء عبر مسار خط إقليدي مستقيم، لما

كان أقل دهشة منا، بل لكان أكثر استغرابا. سوف يكون لدينا فرض ممكن يفسر هذا الحدث المذهل، عنيت توقف تأثير الجاذبية على السفينة بحيث لا تعود ملزمة بالبقاء على سطح الأرض وتتمكن من الإقلاع عبر مسار طبيعي. لم يكن هذا البديل متوفرا لدى جاليليو، فوفق منظوره، القوى الفعالة وحدها القادرة على إرغام السفينة على اتخاذ مسار مستقيم، عوضا عن التطواف طوعا حول مسارها الدائري العظيم.

عند نيوتن تتغير مُثل الحركة الطبيعة مرة أخرى. المثال الأساسي مثالي على نحو تام. سوف نكف عن التعامل مع حركة الجسم بوصفها قادرة على تفسير نفسها ما لم تكن تحررت من تأثير كل القوى، بما فيها وزن الجسم المعني. لقد كان بمستطاع جاليليو أن يفسر مفهوم العطالة بالإشارة إلى أشياء حقيقية (سفينة تمخر عباب البحار)، أما نيوتن، فقد بدأ نظريته بطرح مثال غاية في التجريد، اعتبره نموذجا مثاليا؛ جسم يتحرك بسرعة منتظمة عبر خط إقليدي مستقيم، وهذا، وفق رأي أرسطو، آخر شيء يمكن أن نصادفه في العالم الواقعي. غير أن نيوتن ليس ملزما بالزعم بأن كل جسم يتحرك

حقيقة وفق قانونه الأول، فهو يقتصر على طرح معيار للجوانب التي تستدعي فيها حركة الجسم تفسيرا، وللقوى اللازم توضيحها إذا رغبنا في أن يكون تفسيرنا مرضيا. لا يتحرك الجسم بسرعة ثابتة عبر خط مستقيم إلا إذا ترك وشأنه، وليس ثمة جسم يُترك وشـــأنه. هذا، عند نيوتن، مجرد نموذج ديناميكي، النوع الوحيد من الحركة القادر على تفسير نفسه، الحر من التعقيدات، والذي لا يستدعي، إن وجد، أي تعليق.

يتضح الآن السبب الذي جعلني أبدأ بطرح قانون نيوتن الأول (مـــبدأ العطالـــة) بوصفه أحد "مُثل النظام الطبيعي"، وهو أحـــد معايـــير العقلانـــية والفهم التي أعتبرها كامنة في لب أية نظـــرية علمـــية. في أعمق مستوياتها، تضمنت التغيرات التي طـــرأت على ديناميكا القرن السابع عشر، التي شرعت تتشكل بـــدءا مـــن مطلع القرن الرابع عشر، الاستعاضة عن بارادايم أرسطو المتسقة مع الحس المشترك ببارادايم نيوتن المثالية. من مـــنظور مـــا، يعد هذا نكوصا، فلقد أصبح لزاما مذّاك، تحقيقا لمقاصد نظرية، القيام بربط حوادث يومية نألفها بأوضاع مثالية متخـــيلة لا تـــتحقق إطلاقا، أوضاع لا تعد حتى حركة الكواكب

ســوى مقاربة لها. بيد أن هذا التغيير لم يلبث أن آتى أكله. فما أن تــم قــبول هــذا المثال النظري الجديد، حتى تسنى لفرض التجاذب العام أن يفسر العديد من طوائف الحوادث التي لم يكن تسـنى تفسـير كثـير منها كلية. في النظرية التي خلص إليها نيوتـــن، اســتطاع عرض نوع جديد من العلاقات والضرورات بوصفها جزءا من نظام طبيعي يمكن فهمه.

يوضــح هذا المثال كيف أن فكرة التفسير ترتبط بأنماط توقعاتــنا المســبقة، التي تعكس بدورها افكارنا الخاصة بالنظام الطبيعـــي. خلاصـــة القول هي أن النظرية الديناميكية تتضمن إشــارة صريحة أو مستترة إلى حالات قياسية أو "باراديم" تقوم بــتحديد الطــريقة التــي يُتوقع بها تحرك الأجسام في المسار الطبيعـــي للحوادث. وبمقارنة حركة أي جسم حقيقي بهذا المثال القياســي، نستطيع الكشف عما يحتاج لأن يعد "ظاهرة"، إن كان ثمــة شيء من هكذا قبيل. إذا اتضح أن الحركة موضع التقصي ظاهرة (أي "حدث... يشكل سببه موضع تساؤل")، يتوجب على الــنظرية أن تشير إلى كيفية تفسيره (في نظرية نيوتن، هذه هي المهمــة الأساسية التي يقوم بها القانون الثاني)، بتوضيح العلل

المناسبة ("القوى" النيوتونية على سبيل المثال). قد نتمكن من مواءمة الظاهرة بالنظرية، وإذا قمنا بذلك، نكون نجحنا في الحصول على" تفسير". وكل خطوة من خطوات هذا الإجراء، بدءا من تحديد هوية "الظاهرة" التي تستدعي تفسيرا، وانتهاء باتخاذ قرار ملاءمة التفسير، محكومة بالمفاهيم الأساسية التي تشتمل عليها النظرية.

لا غرو إذن أن يشكل استبدال أحد مُثل الحركة الطبيعية بآخر مِثل هذا التغيير الجذري في علم الديناميكا. الواقع أن الذين يعتنقون مُثلا أو نماذج مثلى مختلفة لا يتقاسمون أية حدود نظرية يناقشون عبرها مشاكلهم بشكل مثمر، بل لا يكونون معنيين بذات المشاكل. فالحوادث التي تشكل "ظواهر" عند الواحد منهم سوف تغفل من قبل المنتمي إلى بارادايم أخرى على اعتبار أنها "طبيعية تماما". ثمة شيء مطلق بخصوص تلك المُثل، شأنها في ذلك شأن "قضايا العلم الأساسية" عند ر.ج. كولنجوود.

إذا كان ذلك كذلك، فكيف يمكن لنا أن نعرف أية افتراضات يتوجب علينا تبنيها؟ لا ريب أن النماذج المثلى

التفســيرية ومُثل النظام الطبيعي ليست "صادقة" ولا "باطلة" بأي معــنى ساذج. عوضا عن ذلك، فإنها تذهب بنا شوطا أبعد (أو أقــرب)، وتعــد نظريا أكثر (أو أقل) خصوبة". وفق المستوى اليومــي والابتدائي للتحليل، تحتاز بارادايم أرسطو في الحركة المنــتظمة المقاوَمة على مميزات حقيقية. بيد أن كمال النظرية الرياضــية فــي الديناميكا ارتهــن بمــثال جديد. لم يكن من المستحســن أن يقــوم المرء باعتبار الحركة المنتظمة المقاومة نموذجا أمثل، مفترضا أن يتمكن في وقت لاحق من تفسير كيف تتحرك الأجسام حال غياب المقاومة عبر إلغاء القوى المضادة. لقــد أفضــت هذه السبيل إلى نتيجة غير مجدية تعينت في جعل الحــركة غير المقاوَمة غير قابلة للتصور، كون محاولة وصفها بلغــة يومــية يقحــم المرء في تناقض . (هبك قمت بتخفيض المقاومــة إلى أن تصبح صفرا. وفق النسبة الأرسطية بين القوة المحــركة والمقاومــة، يكــون المقام صفرا، وهكذا تواجَه بكل الصعوبات المتعلقة "بالقسمة على الصفر"). على العكس تماما، كان السير قدما في الاتجاه المضاد محتما. يتعين على المرء أن يــبدأ باعتــبار الحــركة غــير المقاومة إطلاقا نموذجا للحركة

البسيطة على نحو تام، وألا يطرح المقاومة إلا لاحقا ــ بحيث يبين، عبر السماح تدريجيا للمقاومة، كيف يفضي التسارع المنتظم الناتج عن قوة مفردة إلى السرعة النهائية المنتظمة للحصان والعربة.

أحيانا يكون تغيير مُثل النظام الطبيعي مبررا، غير أنه يتعين أن يتم تبريرها إيجابيا. في الوقت الملائم، أصبحت الحركة المنتظمة المستقيمة عند أخلاف نيوتن بطبيعية السكون وقدرته على تفسير نفسه عند أرسطو. على ذلك، لم تكن أي من تينك الرؤيتين للعطالة صحيحة بداهة، بل توجب أن تُعرَف كل منهما عبر نتائجها. لسبب كهذا كانت ولايتها بوصفها المثال الأساسي في علم الديناميكا مؤقتة ومشروطة. وطالما استمررنا في العمل وفق المفاهيم الأساسية في نظرية نيوتن، يظل مبدؤه في العطالة يحتفظ بمنزلته في الفيزياء. ومع ذلك، وفق أعلى مستويات التحليل، فقد ذلك المبدأ سلطته. ونتيجة للتحول إلى النظرية النسبية الذي حدث في القرن العشرين، تعين إعادة اعتبار مفهوم "الحركة الطبيعية" المعبر عنه في قانون نيوتن الأول. قد تكون آثار التعديلات الناتجة على أفكارنا أقل تطرفا

مـــن تلــك التـــي نجمت عن ثورة القرن السابع عشر، غير أن التغيير يظل على المستوى النظري عميقا.

قبل أن نتطرق إلى مثالنا الثاني، دعونا نعد إلى حالات أقــل تعقــيدا. مفاد المبدأ العام الذي أقره لا يسري فحسب على علــوم غايــة في التطور، مثل الديناميكا، فنحن نستخدم أنماطا فكرية مشابهة في شؤون الحياة اليومية السائدة. بمعنى ما، تكمن مهمـــة العلـــم في السط وتحسين أنماط التوقع التي نعرضها كل يوم. ثمة تأثر متبادل بين هذين المجالين.

هبـــنا نظـــرنا إلى الشارع عبر النافذة. ثمة سيارة تسير بســـرعة ثابتة في الطريق، نراها، تمر بنافذتنا، ثم تختفي عن أنظارنـــا؛ قـــد لا ننتبه إطلاقا إليها. سيارة أخرى تعبر الطريق بشكل متقطع؛ ربما تهتز وقد تتعطل، وقد تتوقف تماما ثم يدور محركها عدة مرات؛ مباشرة سوف تأسر اهتمامنا وسوف نشرع فـــي التســـاؤل عـــن السبب الذي يجعلها تسلك على هذا النحو؟ خطـــوة واحـــدة تكفي لنقلنا من هذا السؤال إلى حالة عالم الفلك العملـــي، الذي لا يجد أي غموض في حركة المشتري المستمرة حـــول مداره، والذي سوف يشرع في طرح أسئلته لو أقلع هذا

الكوكـــب فجأة صوب الفضاء عبر مسار يتخذ شكل مماس. "ما الذي جعله يسلك على هذا النحو؟"، سوف يتساءل. خطوة أخرى ســـوف تكفـــي لنقلـــنا إلـــى رؤية العالم الرياضي الذي يقر أن المشـــتري، لـــو ترك وشأنه، لن يتحرك في فلك مغلق، بل عبر خـــط مستقيم، ما يعني أنه حتى مساره الإهليلجي المعتاد يحتاج إلى تفسير.

ومهمـــا يكن من أمر، رغم أن شكل النمط التفكيري هذا يظـــل علـــى حاله، فإن محتواه يتغير بشكل جذري، وعبر هذه العملـــية يـــتم دحض مذهب سائد في التفسير. غالبا ما يقال إن "التفسير" إنما يكمن في الربط بين أشياء لا نألفها (وتحتاج من ثم إلـــى تفسير) بأشياء نألفها (ولا تستدعي من ثم أي تفسير). هذا مذهب محق على مستوى بعينه. إذا كنت تفسر شيئا لشخص ما، مـــا يمكـــن أن يســـمى بالتفسير الشخصي، من المعقول أن تبدأ بأشـــياء يعرفها ويفهمها، وأن تقوم بربطها بالأشياء التي يجدها غامضـــة. هذا هو أحد المقاصد التي توظف النماذج في العلوم الفيزيائية في تحقيقها. فالمبتدئ في دراسة علم الكهرباء قد يفيد فـــي فهـــم العلاقـــة بين الفولت، والتيار، والمقاومة، من مقارنة

سريان الكهرباء في السلك بانسياب الماء في الأنبوب. "ألا ترى، الفولت يشبه ضغط الماء في هذه النظرية. والمقاومة مثل الأنبوب الضيق، وتيار الماء أو الكهرباء يتوقف في كل حالة على ذينك العاملين"؟

بيد أن النظريات العلمية لا تكمن في محاجات تعد مقنعة على المستوى الشخصي، بل في تفسيرات قادرة على أن تقف على أقدامها. في هذه التفسيرات، العلاقة بين "المألوف" و"غير المألوف" قد تصبح معكوسة. في الديناميكا النيوتونية، مثال حركة العطالة الذي تنهض عليه التفسيرات النيوتونية لا يكاد يقبل الوصف بأنه مألوف (سوف يسخر أرسطو من مثل هذا الاقتراح). وإذا أصررنا على تفسير "غير المألوف" عبر "المألوف"، عوضا عن العكس، لن نتمكن من تحرير أنفسنا من ربقة الديناميكا الأرسطية. البارادايم الأرسطية مألوفة بطريقة تعجز عنها الديناميكا النيوتونية، والبرنامج النيوتوني في التعامل مع حركة الخيول والعربات بوصفها حركة مركبة لا سبيل لفهمها إلا بالبدء بالكواكب والمقذوفات، ثم السماح بتعدد القوى

الدخيلة، يظل مفارقيا نسبة إلى طريقة الفهم المشترك في التفكير.

ما الدروس التي يمكن أن نفيد منها بخصوص هذا المثال الأول؟ في الحياة العادية، قد يكمن التفسير في "ربط غير المألوف بالمألوف"، ولكن، بتطور العلم، يتعين التفسير في "ربط الشاذ بالمقبول"، وحين يأزف الوقت الملائم، "ربط الظواهر بنماذجنا المثلى". لا مناص من هذا. أي الأشياء يعد مألوف وأيها لا يعد كذلك، مسألة نسبية (الرجل الذي يقطن الصحراء قد يصعب عليه فهم "ضغط الماء"، وقد يكون علم الهيدروليكا أكثر إرباكا له من علم الكهرباء). من جهة أخرى، ليست هناك ضرورة في أن يكون السؤال ما إذا كان الحدث يشكل حالة شذوذية سؤالا شخصيا. بالمقدور نقاشه بطريقة عقلانية، خصوصا إذا وصلنا إلى مرحلة وصف الحدث بأنه "ظاهرة"، ما يعني أن ثمة حاجة لمواءمته مع النظرية. ذلك أن معيارنا آنذاك يتوجب ألا يتعين في ما هو مألوف بل فيما هو قابل للفهم ويعد معقولا نسبة إلى مسار الطبيعة. لقد كان المقصد من هذا الفصل هو تبيان الموضع الذي سوف نجد أنفسنا فيه حين نشرع في ملاحظة هذا التمييز.